EESTI MAAÜLIKOOL
Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Tauri Põlluäär

LIHATOODETE LIHASISALDUSE VÄHENDAMISE VÕIMALUSI KÖÖGIVILJADE LISAMISEGA

POSSIBILITIES TO REDUCE THE MEAT CONTENT IN PROCESSED MEAT PRODUCTS BY ADDING VEGETABLES

Magistritöö
Toiduainete tehnoloogia õppekava

Juhendajad: Marek Tepper, *MSc*

Kristi Kerner, *MSc*

Tanel Kaart, *PhD*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Tauri Põlluäär		Õppekava: Toiduainete tehnoloogia	
Pealkiri: Lihatoodete lihasisalduse vähendamise võimalusi köögiviljade lisamisega			
Lehekülgi: 108	Jooniseid: 9	Tabeleid: 15	Lisasid: 7
Õppetool: Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 1.7. Toiduteadused, Toiduainete ja jookide tehnoloogia T430 Juhendajad: Marek Tepper, *MSc*; Kristi Kerner, *MSc*; Tanel Kaart, *PhD* Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			

Tasakaalustatud toitumine tähendab, et inimene tarbib päevas piisavas koguses mikro- ja makrotoitaineid ning päevane tarbitud energiakogus ei ületa tema päevast energiavajadust. RTE (ingl. k. *ready-to-eat*) ehk kohe tarbimiseks valmis lihatooted on leidnud tähtsa koha tänapäeva inimese enamasti ebatervislikus toitumises. Köögiviljad jällegi sisaldavad kasulikke kiudaineid, vitamiine, mineraalaineid ning on enamjaolt madala rasvasusega.

Käesoleva töö eesmärgiks oli erialase kirjanduse läbitöötamise ja eksperimentaalse osa abil uurida, kas värskete või külmutatud köögiviljadega on võimalik vähendada lihatoodete lihasisaldust toodete üldkvaliteeti oluliselt mõjutamata ning kuidas need taimsed lisandid mõjutavad lõpptoote füüsikalis-keemilisi, mikrobioloogilisi ning sensoorseid omadusi.

Töö eksperimentaalse osa raames valmistati kolmes katseseerias neli erineva koostisega kotletisegu – ilma lillkapsata kontrollsegu (KP) ning 10 ja 90% (10/90), 30 ja 70% (30/70) ning 50 ja 50% (50/50) vastavalt lillkapsa ja seahakkliha omavaheliste protsentuaalsete jagunemistega segud. Kuumtöödeldud jahutatud kotlette säilitati pakendatuna katsepäevade lõpuni (15 päeva) ning kuumtöötlemata ja -töödeldud (osa termiliselt töödeldud partiist ka sügavkülmutati) toodetel mõõdeti või arvutati kindlatel päevadel tuha-, valgu-, rasva-, niiskuse-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused, mõõdeti pH-d, vee aktiivsust, värvust, lõiketugevust, arvutati kuumtöötlemiskadu ja hinnati mikroobide üldarvu. Kuumtöödeldud kotlettidega (k.a sügavkülmutatud) viidi läbi sensoorne hindamine. Põhitoorainena kasutatud seahakklihal ja lillkapsal mõõdeti pH-d ning niiskuse-, tuha- ja valgusisaldust, hakklihal veel lisaks rasva- ja lillkapsal kiudainete sisaldust.

Tulemustest selgus, et lillkapsa sisalduse suurenemine tõstis oluliselt kuumtöötlemata ja -töödeldud kotlettide pH-väärtust ja niiskusesisaldust ning langetas oluliselt rasva-, valgu- ja tuhasisaldusi. Tulemused olid tingitud lillkapsa kõrgemast pH-väärtusest ja niiskusesisaldusest ning madalamast valgu-, rasva- ja tuhasisaldusest võrdluses seahakklihaga. Säilitamine langetas osalist kuumtöödeldud KP ja 50/50 pH-d, mis võis olla tingitud pakkegaasina kasutatud CO_2 mõningase imendumisega toodetesse. Kuumtöötlemiskaos olulisi erinevusi ei tuvastatud. Kuumtöödeldud suurema lillkapsa osakaaluga toodetes tõusis vee aktiivsus ja langes lõiketugevus, mille põhjustas lihavalkude osakaalu vähenemine ning lillkapsas sisalduvate kiudainete väiksem võimekus vett siduda võrdluses lihavalkudega. Sügavkülmutatud toodete vee aktiivsus oli kõrgem, sest külmutamise tagajärjel muutus immobiliseeritud vesi vabaks veeks. Suurema lillkapsa osakaaluga kuumtöödeldud kotlettide välis- ja lõikepindade L*- ja b*-väärtused tõusid ning a*-väärtused langesid oluliselt, põhjustatuna lillkapsa valkjast värvusest. Osadel juhtudel tõstis säilitamine toodete heledust ning langetas punasust, mida võib osaliselt põhjendada pakendusgaasi CO_2 mõjuga toodete värvusele, mis vähemalt liha puhul toob kaasa viimase värvuse helenemise. Samas peaks erinevatele allikatele tuginedes modifitseeritud atmosfääris pakendamine (CO_2 ja N_2) toodete värvust hoopis stabiliseerima. Kuumtöötlemata 50/50 segu mikroobide üldarv oli võrdluses KP-ga oluliselt madalam. Lillkapsa lisamine ei toonud kaasa kuumtöödeldud toodete mikroobide üldarvu kasvu (kõrgeimad näitajad KP ja 10/90 segul), mis võis olla tingitud lillkapsa teatud antimikroobsest mõjust. 8. säilituspäeva näitajad olid oluliselt kõrgemad 4. ja 15. päeva mikroobide üldarvust. Kõik valmistatud tooted olid kogu 15-päevase säilitamisperioodi vältel mikroobide üldarvu poolest mikrobioloogiliselt ohutud.

Sensoorsel hindamisel selgus, et suurema lillkapsa osakaaluga toodete heledam värvus, suurem niiskusesisaldus ja madalam lõiketugevus langetasid oluliselt vastavalt nende välimuse ja lõikepinna värvuse hindeid ning tõstsid mahlasuse ja tekstuuri hindeid. Lillkapsa lisamine tõstis teatud määrani (kuni 30/70 seguni) oluliselt toodete maitse ja üldise meeldivuse hindeid.

Täiendavalt tuleks teostada enim aktsepteeritud toodetele (30/70) pikemad säilivuskatsed, uurida täpsemalt lillkapsa mõju lihatoodete kiudainete sisaldusele ning köögiviljade mõju lihatoodete vitamiinisisaldusele ja oksüdatsiooniprotsessidele.

Märksõnad: sealiha, kotlet, lillkapsas, mikroobide üldarv, sensoorika

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Tauri Põlluäär		Curriculum: Food technology	
Title: Possibilities to reduce the meat content in processed meat products by adding vegetables			
Pages: 108	Figures: 9	Tables: 15	Appendixes: 7
Chair: Chair of Food Science and Technology Field of research and (CERC S) code: 1.7. Food Sciences, Food and beverage technology T430 Supervisors: Marek Tepper, *MSc*; Kristi Kerner, *MSc*; Tanel Kaart, *PhD* Place and date: Tartu 2021			

A balanced diet is based on the fact that a person consumes sufficient amounts of micro- and macronutrients per day, and the daily amount of energy consumed does not exceed its daily energy needs. RTE (ready-to-eat) meat products have found an important place in today's people's mostly unhealthy diets. Vegetables, on the other hand, contain useful fibers, vitamins and minerals and are predominantly low in fat.

The aim of this master's thesis was to find out with the help of scientific literature and experimental part whether fresh or frozen vegetables can reduce meat content in meat products without significantly affecting the overall quality of the products and how these plant additives affect the physico-chemical, microbiological and sensory properties of the final product.

In the experimental part of the thesis, four cutlet mixes of different compositions were prepared in three series of experiments – control mixture without cauliflower (KP) and 10 and 90% (10/90), 30 and 70% (30/70) and 50 and 50% (50/50) mixtures with the percentages showing the percentage distributions between cauliflower and minced pork, respectively. The thermally treated cutlets were cooled, packaged and stored for 15 days and on certain days for both raw and cooked (part of the heat-treated batch was also frozen) cutlets ash, protein, fat, moisture, fiber and carbohydrate contents were measured or calculated, the pH, water activity, colour and shear force were measured, cooking loss was calculated and the total viable count (TVC) was evaluated. Sensory evaluation was performed with thermally treated cutlets (including frozen). The pH and moisture, ash and protein content of the minced pork and cauliflower used as the main raw materials were measured, also the fat content in minced pork and fiber content in cauliflower were found.

The results showed that the increase in cauliflower content significantly increased the pH and moisture content of uncooked and cooked cutlets and significantly reduced the fat, protein and ash contents. The results were due to the higher pH and moisture content and the lower protein, fat and ash content of cauliflower compared to minced pork. Storaging partially lowered the pH of heat-treated KP and 50/50, which may be due to some absorption of CO_2 used as packaging gas into the products. No significant differences were found in cooking loss. The water activity and shear force of heat-treated products with a higher proportion of cauliflower increased and decreased, respectively, due to a decrease in the proportion of meat proteins and a lower water binding capability of the fibers in cauliflower compared to meat proteins. The water activity of frozen products was higher because of the alteration of immobilized water to free water. The L*- and b*-values of the outer and cutting surfaces of heat-treated cutlets with a higher proportion of cauliflower increased and the a*-values decreased significantly due to the whitish colour of cauliflower. In some cases, storage increased lightness and reduced redness of the products, which can be partly explained by the effect of the packaging gas (CO_2) on the colour of products, which, at least for meat, causes the lightening of aforementioned. However, based on various sources, packaging in a modified atmosphere (CO_2 and N_2) should instead stabilize the colour of the products. TVC in the raw 50/50 mixture was significantly lower compared to KP. The addition of cauliflower did not cause an increase in TVC in the heat-treated products (highest values in KP and 10/90), which may have been due to the antimicrobial effect of cauliflower. TVC on storage day 8 was significantly higher than on days 4 and 15. All products were microbiologically safe in terms of TVC throughout the 15-day storage period.

Sensory evaluation revealed that the brighter colour, higher moisture content and lower shear force of the products with a higher proportion of cauliflower significantly lowered their appearance and cutting surface colour scores and increased the juiciness and texture scores, respectively. The addition of cauliflower significantly increased the taste and overall acceptability scores of the products to a certain extent (up to 30/70).

In addition, longer shelf-life studies should be performed on the best-received products (30/70), also the effect of cauliflower on the fiber content of meat products and the effect of vegetables on the vitamin content and oxidation processes of meat products should be thoroughly scrutinized.

Keywords: pork, cutlet, cauliflower, total viable count, sensory evaluation

SISUKORD

LÜHENDID

10/90 10% lillkapsa ja 90% hakkliha sisaldusega toode, kus protsendid näitavad lillkapsa ja hakkliha omavahelist jagunemist (kokku 87,3% kogu tootest)

30/70 30% lillkapsa ja 70% hakkliha sisaldusega toode, kus protsendid näitavad lillkapsa ja hakkliha omavahelist jagunemist (kokku 87,3% kogu tootest)

50/50 50% lillkapsa ja 50% hakkliha sisaldusega toode, kus protsendid näitavad lillkapsa ja hakkliha omavahelist jagunemist (kokku 87,3% kogu tootest)

KP kontrollpartii ehk valmistatud toode, kuhu taimset toorainet (lillkapsast) ei lisatud

MAP modifitseeritud atmosfääris pakendamine (ingl. k. *Modified Atmosphere Packaging*)

pmü pesa moodustav ühik

RTE tarbimiseks valmis, edasist töötlemist mittevajavad tooted (ingl. k. *ready-to-eat*)

TVC mikroobide üldarv (ingl. k. *total viable count*)

SISSEJUHATUS

Tasakaalustatud toitumise seisukohalt on tähtis, et inimene tarbiks päevas piisavas koguses ning õigetes vahekordades makro- (süsivesikud, rasvad, valgud) ja mikrotoitaineid (vitamiinid ja mineraalained) ning päevane tarbitud energiahulk ei ületaks päevast energiavajadust. Selle eesmärgi saavutamine on inimese enda teha, kuna seda saab suurel määral mõjutada toitumise muutmisega, lisaks toob kasu ka piisav füüsiliselt aktiivne eluviis. Kui reaalsus on teine, võib see endaga kaasa tuua kaalutõusu (kogu Eesti elanikkonnast on 45% naistest ja 55% meestest ülekaalulised) või -langust ning tõsiseid ja vähemtõsisemaid terviseprobleeme. (Pitsi *et al*. 2017: 43)

Liha on kodukabiloomade, kodulindude, jäneseliste, ulukite, tehistingimustes peetavate ulukite, väikeulukite ja suurulukite söödavad osad, sealhulgas veri (Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004: 14). Põhiliselt on võimalik liha jaotada punaseks lihaks, milleks on nt lamba-, veise-, sea-, vasika- ja ulukiliha, valgeks lihaks, nt kana- ja kalkuniliha, ja töödeldud lihaks, kuhu kuuluvad singid, vorstid, kotletid, pihvid, suitsuliha, salaami, lihakonservid (McAfee *et al*. 2010: 2; Wyness 2015: 227).

Erinevatel RTE ehk tarbimiseks valmis, edasist töötlemist mittevajavatel (ingl. k. *ready-to-eat*) lihatoodetel, nagu lihapallid, kotletid, pihvid, sardellid, viinerid, grillvorstid, on tänapäeva inimese kõrge energiasisaldusega rasvarikkas ja süsivesikute vaeses toitumises kindel osa (Bhosale *et al*. 2011: 233). Nende toodete näol on tegu kiirete, mugavate ning taskukohaste, kuid samas kõrge soola- ning enamjaolt ka rasvasisaldusega toodetega, mis sisaldavad hulgaliselt lisaaineid (Pitsi *et al*. 2017: 259–260, 267). Köögiviljad seevastu on enamasti madala rasvasusega ning sisaldavad hulgaliselt kasulikke kiudaineid, vitamiine ja mineraalaineid (Bhosale *et al*. 2011: 233–234; El-Anany *et al*. 2020: 47). Toitumise seisukohalt tuleks uurida, kas ja kuidas on võimalik liha ning köögivilju kombineerida, et tulemuseks oleks suhteliselt uudne köögiviljasisaldusega lihatoode.

Käesoleva töö eesmärgiks on erialase kirjanduse läbitöötamise ja eksperimentaalse osa abil uurida, kas värskete või külmutatud köögiviljadega on võimalik vähendada lihatoodete lihasisaldust toodete üldkvaliteeti oluliselt mõjutamata ning kuidas need taimsed lisandid

mõjutavad lõpptoote füüsikalis-keemilisi, mikrobioloogilisi ning sensoorseid omadusi. Töö kirjanduse kokkuvõtte osas antakse ülevaade liha keemilistest ja tehnoloogilistest näitajatest ning mikrobioloogilisest ohutusest ja seda mõjutavatest teguritest. Kirjanduse osas selgitatakse ka liha tarbimise vajadust ning sellega seotud tasakaalustatud toitumise põhimõtteid, kuid ka liha liigse tarbimisega kaasnevaid võimalikke ohtusid. Lisaks annab töö kirjanduse osa ülevaate taimsetest komponentidest, mis juba praegu erinevates lihatoodetes koha leiavad, ning ka värsketest köögiviljadest, mida võiks lihatoodetesse lisada, ja nende toitainete sisaldustest ja kuidas kuumtöötlemine mõjutab vilja erinevaid omadusi, näiteks sensoorseid ja toitainelikke. Lühidalt iseloomustatakse ka eksperimentaalses osas kasutatavat taimset toorainet ehk valget lillkapsast (*Brassica oleracea var. Botrytis*) ning põhjalikumalt võrreldakse eelnevaid uuringuid, mis sarnasel teemal läbi viidud on.

Töö eksperimentaalses osas valmistati kolmes katseseerias neli erineva koostisega kotletisegu – ilma lillkapsata kontrollsegu (KP) ning 10 ja 90% (10/90), 30 ja 70% (30/70) ning 50 ja 50% (50/50) vastavalt lillkapsa ja seahakkliha omavaheliste protsentuaalsete jagunemistega segud. Jahutatud ning pakendatud kuumtöödeldud kotlette säilitati katsepäevade lõpuni (15 päeva) ning neist mõõdeti kindlatel päevadel pH-d, värvust, vee aktiivsust, niiskuse-, valgu- ja rasvasisaldust, arvutati tuha-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused. Kotlettide juures arvutati ka kuumtöötlemiskadu ning termiliselt töödeldud toodetele teostati tekstuurianalüüs, mõõtes lõiketugevust. Kuumtöötlemata proovidel mõõdeti pH-d, valgu-, niiskuse-, rasva- ja tuhasisaldust. Osa kuumtöödeldud toodete partiist sügavkülmutati ning neist mõõdeti pH-d, vee aktiivsust, värvust ja teostati tekstuurianalüüs. Termiliselt töödeldud kotlettidega (k.a sügavkülmutatud) viidi läbi sensoorne hindamine. Nii kuumtöötlemata kui -töödeldud toodetel hinnati mikrobioloogiliste analüüsidega mikroobide üldarvu. Põhitoorainena kasutatud seahakklihal mõõdeti pH-d ning rasva-, valgu-, niiskuse- ja tuhasisaldusi, lillkapsal leiti kiudainete-, tuha-, niiskuse- ja valgusisaldused ning mõõdeti pH-d.

Käesoleva magistritöö raames püstitati järgnevad hüpoteesid:

- lihatoodetesse lisatav lillkapsas mõjub toote mikrobioloogilisele säilivusele negatiivselt;
- lihatoote rasvasuse alanemisega tõuseb toote üldine sensoorne aktsepteeritavus.

Käesoleva töö autor soovib tänada oma juhendajat Marek Tepperit, kes oli igas töö valmimise etapis suureks abiks. Samuti soovitakse tänada kaasjuhendajat Kristi Kernerit, kellest oli suur abi töö sisulise ja vormistusliku osa lihvimisel. Suuri tänuavaldusi väärib kaasjuhendaja Tanel Kaart, kelle käest saadi asendamatut abi statistilise analüüsi teostamise ning tulemuste tõlgendamise osas. Töö autor soovib tänada Leno Mätast, kes abistas katsete teostamisel, Helena Andresoni ja kõiki mikrobioloog-laborante, kes olid abiks mikrobioloogiliste analüüside teostamisel ja tulemuste tõlgendamisel, ning kõiki sensoorsete analüüside läbiviimisel osalenud Eesti Maaülikooli töötajaid. Samuti avaldatakse tänu antud magistritöö retsensendile, Dea Antonile.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Liha keemiline koostis

Lihaskude võib pidada liha kõige olulisemaks koeks. Lihaskude koosneb keskmiselt 75% veest, 18% valgust, 15% rasvast, 1,5% mittevalgulistest lämmastikuühenditest, 1% mineraalainetest ja 1% süsivesikutest. Mida rasvarohkem liha on, seda vähem vett liha sisaldab. (Rei 2004: 48) Liha veesisaldus võib varieeruda, eriti surmajärgses lihases, jäädes vahemikku 65–80% (Huff-Lonergan 2010: 5).

Hapnik (65%), süsinik (18%), vesinik (10%) ja lämmastik (3%) hõlmavad umbkaudu 96% kogu looma kehas sisalduvatest elementidest. Hapniku ja vesiniku suurt sisaldust looma kehas saab selgitada erinevate kudede suure veesisaldusega. Rasvad ja süsivesikud koosnevad peamiselt vesiniku, süsiniku ja hapniku aatomite kombinatsioonidest. (Rei 2004: 47)

Liha keemiline koostis võib kõikuda olulisel määral. Peamiselt oleneb see erinevate kudede (side-, lihas-, rasv- ja luukude) sisaldusest, liha morfoloogilisest koostisest, looma vanusest, liigist, tõust, tapajärgsete protsesside arenguastmest, liha töötlemisviisist ja -astmest (vastavalt konditustatud ja siiritud jms või toores ja kuumtöödeldud) ning muudest asjaoludest. (Rei 2004: 48)

1.1.1. Valgud

Lihase osakaalult teine komponent on valk (Huff-Lonergan 2010: 5). Valgu molekulid koosnevad enamjaolt süsinikust, vesinikust, hapnikust, lämmastikust ja vahel ka väävlist. Valgud koosnevad aminohapete ahelatest. (Warriss 2000: 38) Täisväärtuslikud valgud, mis imenduvad hästi ning on kergesti seeditavad, sisaldavad kõiki asendamatuid aminohappeid (leutsiin, isoleutsiin, fenüülalaniin, treoniin, lüsiin, valiin, metioniin, trüptofaan) (Põldvere, Tänavots 2021e).

Valgusisaldus võib lihas varieeruda umbkaudu vahemikus 16–22%. Valgud moodustavad enamiku lihase kuivainelisest osast. (Huff-Lonergan 2010: 5) Lihaskoe põhilise toiteväärtuse ja lihaskoe omadused, nt veesidumisvõime ja õrnus, määravad valgud. Lihaskoe valke saab lahustuvuse järgi jagada kolme gruppi:

1) vees lahustuvad (enamik sarkoplasma valke);
2) soolalahustes lahustuvad (müofibrillide valgud);
3) valgud, mis üldse soolalahustes ja vees ei lahustu või ei lahustu neis madalal temperatuuril (sidekoe valgud). (Rei 2004: 49; Huang *et al*. 2010: 443)

Valkude denaturatsioon algab, kui liha temperatuur tõuseb kõrgemale kui 40 °C. Sellega kaasneb müofibrillvalkude lahustuvuse kadu, koaguleerumine ja sidekoevalkude lagunemine. Lihaskiud hakkavad piki- ja põiksuunas kokku tõmbuma. Müofibrillvalgud moodustavad umbkaudu 9,5% liha kaalust ehk umbes 52% kogu liha valgu kogusest (Rei 2004: 50, 177; Zielbauer *et al*. 2016: 34). Müofibrillvalgud saab veel omakorda kolmeks jagada: struktuurvalgud (aktiin, müosiin), millest koosneb lihase põhistruktuur; regulatiivsed valgud, nt troponiin; tsütoskeleti valgud (titiin, desmiin, nebuliin jms), mille ülesandeks on toetada kogu müofibrillaarset struktuuri (Huang *et al*. 2010: 443). Kõige olulisemaks müofibrillvalguks võib pidada müosiini – see on kõrgeväärtuslik hästi seeduv valk, mis on puhtal kujul vees lahustuv. Selle denatureerimine toimub 45–50 °C juures. Umbes 20–22% müofibrillvalkudest moodustab aktiin. Tegu on globulaarse täisväärtusliku vees lahustuva valguga, mille denatureerumistemperatuur on 50 °C. (Rei 2004: 50) Samas tuuakse Huang *et al*. (2010: 443) uuringus välja, et varasemate uuringute järgi algab aktiini denatureerumisprotsess 65 °C juures.

Aktiini ja müosiini ühinemisel tekib kompleksvalk aktomüosiin. See võib tekkida nt surmakangestuse ajal, on raskesti omastatav ja denatureerumistemperatuur on vahemikus 42–48 °C. Tropomüosiini näol on tegu müosiinile omadustelt sarnase fibrillaarse valguga, mis moodustab umbes 5% müofibrillvalkudest ning osaleb lihase kokkutõmbumisel. Lisaks eelpool mainitutele leidub müofibrillides veel C-proteiini, aktiniini, M-proteiini, filamiini jms. (Rei 2004: 50)

Sarkoplasma valgud hõlmavad peamiselt ensüüme, mis osalevad energia ainevahetuses, ning nad denatureeruvad temperatuurivahemikus 40 kuni 60 °C (Huang *et al*. 2010: 443). Need moodustavad umbes 6% liha kaalust ehk umbkaudu 32% kogu liha valgust. Müogeen

on vees lahustuv kõrgeväärtuslik ensüümivalk, mis moodustab umbes 20% kogu lihaskoe valkudest ja selle denatureerumistemperatuur on 55–60 °C. Müoalbumiin, mille denatureerumistemperatuur on 45–47 °C juures, moodustab umbes 1–2% lihaskoe valkudest. (Rei 2004: 50–51)

Müoglobiin on vees lahustuv valk, mis peamiselt annab lihale talle iseloomuliku värvuse, samas veise-, lamba-, sea- ja linnuliha värvuses võivad rolli mängida ka teised heemi sisaldavad valgud, nagu hemoglobiin ja tsütokroom C (Mancini, Hunt 2005: 101). Müoglobiin muudab liha värvi sõltuvalt selle biokeemilisest olekust, eriti sõltub see müoglobiini oksüdatsiooni- või redutseerumise astmest (Purslow *et al* 2020: 1). Müoglobiini üks olulisemaid füsioloogilisi ülesandeid on hapniku transportimine kudedesse (Rei 2004: 51).

Kollageen on sidekoevalkude põhikomponent ning paikneb rakuväliselt (Huang *et al*. 2010: 443). Kollageen, retikuliin ja elastiin moodustavad valkude kogumäärast umbes 3% ning kogu liha valgust umbkaudu 16%. Neid nimetatakse ka strooma- ehk tugikoevalkudeks. Kollageenirohketes sidekoe liikides on vett rohkem kui elastiinirikastes sidekoe liikides. Kollageen hakkab lühenema umbes 56 °C juures (60–70 °C kuumutamise juures lühenevad kollageenikiud kolmandiku kuni veerandi võrra). Umbes 80 °C juures hakkab kollageen muutuma vees lahustuvaks geeliks ning tekib glutiin, mis jahtumisel tarrendub. Elastiin on kuumtöötlemise ning hapete suhtes väga vastupidav. Seega elastiin ei seedu ega denatureeru, mistõttu pole sellel peaaegu mingit toiteväärtust. (Rei 2004: 51, 53–54, 177)

1.1.2. Rasvad

Rasvad moodustavad rakumembraanide olulisi osasid ning toimivad ka energia salvestamise vahenditena. Rasva energiasisaldus on võrreldes valgu või süsivesikutega enam kui kahekordne. Rasvad sisaldavad peamiselt süsinikku, vesinikku ja hapnikku. Nad on triglütseriidid, milles on kolm rasvhappemolekuli tavaliselt seotud glütserooliga. Triglütseriidi moodustavate üksikute rasvhapete olemus määrab esimese oksüdeerumisvõime, sulamistemperatuuri ja teatud määral ka toiteväärtuse. (Warriss 2000: 43–44) Liha rasvasisaldus võib sõltuda näiteks looma toitumisest, vanusest, lihase tüübist, liha töötlemise viisist, töötlemisastmest jne (Huff-Lonergan 2010: 6). Inimesele

asendamatuteks rasvhapeteks on linool- ja linoleenhape – neid organism moodustada ei suuda ning seega peab inimene neid saama toiduga. (Põldvere, Tänavots 2021d)

Peamiselt küllastunud rasvhapetest koosnevad triglütseriidid on toatemperatuuri juures tahked. Samas need, mis sisaldavad enamjaolt küllastumata rasvhappeid, on enamasti vedelad (õlid). Seega on loomsete rasvade triglütseriidide koostis nende pehmuse või kõvaduse määramisel väga oluline. Näiteks veiserasv sisaldab kuni 25% steariinhapet (küllastunud rasvhape) ja sellest pehmemas searasvas on viimast umbes pool sellest kogusest. (Warriss 2000: 46–47)

Rei (2004: 54) järgi on kehale kergesti omastatavad need rasvad, mille sulamistemperatuur on alla keha temperatuuri. Näiteks searasva sulamistäpp on vahemikus 28–40 °C (omastatavus 95–98%), lambarasval 44–55 °C (omastatavus alla 90%) ja veiserasval vahemikus 40–50 °C (omastatavus 90%).

1.2. Liha tehnoloogilised näitajad

1.2.1. Liha pH

Klaaselektroodiga mõõdetuna on pH võrdne vesinikiooni aktiivsuse negatiivse logaritmiga. pH väärtus 7 näitab neutraalsust, sellest väärtusest madalam näit happelisust ning kõrgem aluselisust. (Adams, Moss 2007: 25–26)

Liha pH-väärtus mõjutab erinevaid liha kvaliteedinäitajaid, nt värvust ja veesidumisvõimet, aga ka maitset, mahlasust ja õrnust. Sageli näitab liha pH, milliseks kujuneb selle kasutusviis. (Põldvere, Tänavots 2021c)

Tapajärgselt katkeb looma hapnikuringlus ehk hapnik ei jõua vere kaudu lihastesse. Seega saab ATP-d (adenosiintrifosfaat) genereerida vaid anaeroobselt glükolüüsi teel. Selle tulemusena glükogeen laguneb ja tekib piimhape. Kuna vereringe seda lihastest ei eemalda, hakkab lihas muutuma happelisemaks. (Huff-Lonergan 2010: 10; Warriss 2000: 97)

Eluslooma lihaste pH varieerub tavaliselt vahemikus 7,0–7,4. Enamasti langeb liha pH 6 kuni 8 tunni jooksul pärast tapmist 5,6 kuni 5,7-ni ning miinimumi 5,3–5,7 umbkaudu 24

tunni jooksul. (Rei 2004: 84) On täheldatud, et liha modifitseeritud atmosfääris pakendamisel, kus gaasisegu sisaldab ka süsihappegaasi, liha pH langeb, mis on tingitud CO_2 osalisest imendumisest lihasse (Jakobsen, Bertelsen 2002: 152; Rei 2004: 163)

PSE-liha (ingl. k. *pale, soft, exudative* ehk kahvatu, pehme ja eksudatiivne/vesine) on endogeense proteaasi denatureerimise tõttu nõrgema tekstuuriga kui tavaline, kvaliteetne liha (Chen *et al* 2016: 228). PSE-seisund tuleneb kiirest surmajärgsest glükolüüsist enamasti intensiivse surmaeelse lühiajalise stressi tagajärjel, mille tulemusena langeb pH väga kiiresti ning valgud denatureeruvad, samas kui rümba temperatuur on endiselt kõrge. Kui rümba pH on 45 minutit pärast tapmist <6,0, on see selge indikaator PSE-liha olemasolust. (Zequan *et al* 2019: 1) PSE-liha võivad esile kutsuda mitmed asjaolud – nendeks võivad olla geneetika, temperatuur, söötmine, stress ning rümba jahutamise protsess (Chen *et al* 2016: 1). Rei (2004: 98–99, 113) järgi on PSE-lihas palju vaba vett – kui tavalises lihas asub vaba vesi enamasti rakkude sees, siis PSE-liha puhul asub see ka rakkude vahel. Seetõttu eritub lihast suuremas koguses vedelikku kui tavaliselt ehk sellel on suur tilkumiskadu. Rohke rakuvälise vee tõttu peegeldub valgus tagasi ning liha pind tundub heledana. PSE-liha ei sobi oma eripärase lõhna tõttu suitsutussaaduste tootmiseks.

DFD-liha (ingl. k. *dark, firm, dry* ehk tume, tuim ja kuiv) tekkimine on seotud pikaajalise stressiga enne tapmist ja selle tagajärjel lihastes glükogeenivarud ammenduvad. See võib piirata tapajärgset glükolüüsi ja piimhappe teket, mille tulemusel ei lange lihaste pH piisavalt ning liha jääb liiga aluseliseks. (Ijaz *et al* 2020: 1) Vastupidiselt PSE-lihale on DFD-lihal suur veesiduvusvõime ning väga suur kogus vett asub lihaskiudude sees. Seepärast peegeldub rakkude vahelt valgust vähem ning valguse neeldumine on tugevnenud (liha värvus on tumedam). (Rei 2004: 100) DFD-liha läheb kergesti riknema. Kuna lihastes on glükogeeni vähe, on ka süsivesikuid lihastes vähe. See pidurdab piimhapet tootvate bakterite kasvu, mis omakorda koos kõrge pH-ga soodustavad aminohappeid ja valke metaboliseerivate bakterite kasvu. Need toodavad ebameeldivat lõhna. Liha pinna muutumine rohekaks, mis on alati bakteriaalse saastumise tagajärg, võib toimuda siis, kui mikroorganismid kasutavad pigmenti toitainena ning heem eraldub valgulisest osast. (Rei 2004: 100; Warriss 2000: 144–145)

1.2.2. Liha veesidumisvõime

Liha veesidumisvõime tähendab liha omadust hoida või siduda töötlemise käigus (lihalõikus, kuumtöötlemine, peenestamine või muu mehaaniline töötlemine) endas sisalduvat vett. Liha veesidumisvõime määrab mitmed liha ning lihatoodete keemilised, füüsikalised, organoleptilised kui ka tehnoloogilised omadused. Nende seas on näiteks toore liha värvus, tuimus, mahlasus, õrnus, koetis, toote saagis ning struktuur. (Rei 2004: 103; Põldvere, Tänavots 2021b)

Vesi asub lihases mitmes erinevas kohas ning veekadu erinevatest asukohtadest lihas võib sõltuda säilitamise ajast ning vee asukohast. Enamus veest hoitakse lihastes ja lihasrakkudes – müofibrillides, müofibrillide vahel, müofibrillide ja sarkolemmi vahel, lihasrakkude vahel ning lihaskimpude vahel. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005: 195–196)

Vesi tõmbub laengutega valkude poole. Osa veest – seotud vesi – on valkudega väga tihedasti seotud. See ei liigu väga vabalt, on väga vastupidav külmutamisele ja kuumutamisele. See moodustab liha veekogusest väga väikese osa – umbes kümnendiku. Surmakangestuse järgses lihases muutub seotud vee hulk väga vähe või üldse mitte. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005: 196; Rei 2004: 105)

Teine tüüp vett on immobiliseeritud vesi. Immobiliseeritud vesi on nõrgalt seotud – see annab lihale ja lihasaadustele oma mahlasuse. Immobiliseeritud vesi on tugevasti mõjutatav liha pH alanemisega ja lihase muutumisega lihaks (lihasrakkude struktuuri muutumisega ja pH alanemisega võib immobiliseeritud vesi eralduda). Seda vett hoitakse lihase struktuuris, kuid see pole iseenesest valguga seotud. Varajases surmajärgses koes see vabalt ei voola, kuid seda on võimalik eemaldada kuivatades ning külmutamisel muutub see jääks. Kui lihaskoe veesisaldus on keskmiselt 75%, siis sellest umbkaudu 60% on immobiliseeritud vesi ehk keskmiselt 87% lihaskoes sisalduvast veest on immobiliseeritud. Lihatöötlemise üks peamisi eesmärke on just immobiliseeritud vee säilitamine. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005: 196; Rei 2004: 106)

Kolmas tüüp – vaba vesi – on väga nõrgalt seotud või sidumata, see liigub kudedes takistamatult. Tavaliselt eraldub vaba vesi liha töötlemise käigus. Surmakangestuse eelses lihas seda kergesti näha ei ole. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005: 196; Rei 2004: 106)

Kui lihase pH on lihaks muutumisel jõudnud peamiste valkude, näiteks müosiini isoelektrilisse punkti (p*I* = 5,4), on valgu netolaeng null. See tähendab, et valkude positiivsete ja negatiivsete laengute arvud on võrdsed. Kuna need positiivsed ja negatiivsed laengud on üksteist ligitõmbavad, väheneb selle tulemusel valgu poolt tõmmatava ja hoitava vee hulk. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005: 196)

Veesidumisvõime suhe pH-väärtusesse on oma olemuselt kõverjooneline, olles minimaalne, kui pH-väärtus jääb vahemikku 5,0–5,5. Viimastest väärtustest all- ja ülalpool paraneb veesidumisvõime progresseeruvalt. (Warriss 2000: 194)

1.2.3. Liha värvus

Liha värvust võib nimetada ka sensoorseks näitajaks. See tähendab, et seda on võimalik määrata meeleelundite abil, mistõttu on võimalus, et iga inimene tajub värvust erinevalt. Lisaks värvusele on liha tähtsaimateks sensoorseteks näitajateks ka välimus, õrnus, maitse, lõhn ja mahlasus. Seega on liha värvus üks esimesi näitajaid, millega inimene kokku puutub, ning see võib mõjutada tema edasist soovi liha tarbida. (Rei 2004: 96) Muutused värvis on märgiks, et liha värskus on kahanemas (Mancini, Hunt 2005: 101).

Meili Rei (2004: 96) järgi on „liha värvus liha omadus tekitada silmas lainepikkusest olenevalt erisuguseid nägemisaistinguid.“ Seega, kuna liha on tavaliselt punakas, peegeldab see inimese silma suure lainepikkusega punast valgust, samas teisi värvusi neelates. Inimsilmale nähtavate värvide kirjeldamiseks kasutatakse süsteemi CIELAB, mis iseloomustab värve vastavalt nende värvitoonile (a* – punasus-rohelisus, b* – kollasus-sinisus) ning heledusele (L*). Kuna heledus asub mustvalgel skaalal, on ta akromaatiline ehk see võimaldab värvilisi värve helestada ja tumestada. (Purslow *et al* 2020: 1; Carvalho *et al* 2019: 3)

Lihale annavad põhilise värvuse kaks valku: müoglobiin ehk lihavärvnik ja hemoglobiin ehk verevärvnik. Kui liha on hästi veretustatud, määrab liha üldvärvuse umbes 80–90% ulatuses liha müoglobiinisisaldus. Halvasti veretustatud liha puhul hakkab suuremat mõju avaldama ka hemoglobiin. Müoglobiini ning hemoglobiini heemiosad on identsed ning neil on liha värvuses kanda tähtis roll, kuna heemis sisalduva rauaiooni oksüdeerimisaste (Fe^{2+} või Fe^{3+})

saab liha värvuse varjundi osas määravaks. (Rei 2004: 96) Müoglobiini mõju liha värvusele kirjeldati ka peatükis 1.1.1. Liha värvuse defekte (PSE- ja DFD-liha) kirjeldati peatükis 1.2.1.

Liha müoglobiinisisaldus oleneb looma vanusest, liigist, soost, lihase liigist ning füüsilisest aktiivsusest jne. Näiteks on sea- ja veiseliha värvuses erinevus: sealiha on heledam-roosakam, veiseliha tumedam-punakam. Lisaks eelnevalt mainitutele mõjutab müoglobiini sisaldust ka sööt. Peamiselt on müoglobiini esinemise võimalusi neli: müoglobiin, metmüoglobiin, oksümüoglobiin ja nitrosomüoglobiin. (Rei 2004: 96–97)

Kui liha küpsetada, siis muutub värvus pruunikaks või hallikaspruuniks. See tuleneb sellest, et kuumtöötlemisega globiin denatureerub ning tema struktuur muutub, mille tulemusena hakkab molekul lahti hargnema. Kuivmeetodiga pruunistades reageerivad suhkrud aminohapetega ehk toimub Maillardi reaktsioon ja liha muutub pruunikaks. (Rei 2004: 98, 177)

Ka liha pakendamisel on mõju selle värvusele. Kui lihal on kontakt õhuhapnikuga, hoiab selle tõttu liha pinnal olev oksümüoglobiini kiht liha helepunasena, mistõttu kasutatakse sellist viisi värske liha jaemüügipakendamisel. Uuringutega on täheldatud, et modifitseeritud atmosfääris pakendamisel, kus gaasisegus kasutatakse CO_2 suuremas kontsentratsioonis kui 20%, võib see avaldada teatud negatiivset mõju liha värvusele, muutes selle heledamaks või ka hallikamaks. Lisaks võib lämmastiku (N_2) ja CO_2 koos kasutamine põhjustada liha ebameeldiva värvuse. (Jakobsen, Bertelsen 2002: 145, 154, 160; Rei 2004: 162–163)

Lämmastiku kasutamisega modifitseeritud atmosfääris pakendamisel (MAP) on täheldatud, et see aitab parendada lihaleiva (ingl. k. *meat loaf*) värvust, pidurdades roheka värvuse tekkimist. MAP suudab toote värvust stabiliseerida ning CO_2 kasutamine pakkegaasina nitrosomüoglobiini ei mõjuta. Lihatoodete värvuse muutumine kollaseks, roheliseks või värvituks on tingitud nitrosomüoglobiini oksüdeerumisest, mida aitab ära hoida madala hapniku (O_2) ja veeauru läbilaskvusega pakendite kasutamine. (Narasimha Rao, Sachindra 2002: 273)

1.2.4. Liha kuumtöötlemiskadu

Kuumtöötlemiskaol on tugev mõju liha mahlasusele. Nii nagu ka mahlasus, sõltub kuumtöötlemiskadu toore liha kvaliteedist, sisetemperatuurist ja kuumtöötlemise protseduurist. (Aaslyng *et al*. 2003: 278) Liha termiline töötlemine võib põhjustada mikro- ja makrotoitainete taseme olulisi muutusi, mis sõltuvad kuumtöötlemise tüübist ja protsessi parameetritest (Czerwonka, Szterk 2015: 75).

Kuumtöötlemiskadu selgitab osaliselt mahlasuse varieerumist ning samuti mõjutab see liha välimust. Suur küpsetuskadu annab eelduse halvemale söögikvaliteedile. Tööstuste seas omab see ka suurt majanduslikku tähtsust. (Aaslyng *et al*. 2003: 278)

1.2.5. Liha tekstuur ja lõiketugevus

Liha tekstuuri väärtused sõltuvad enamjaolt looma vanusest, soost, tõust ja lihase tüübist. Lisaks on tähtsad ka loomast sõltumatud tegurid – käitlemise ja söötmise omadused või tehnoloogilised aspektid nagu elektrilised stimulatsioonid ja liha kuumtöötlemismeetod. Tekstuuriparameetrite hulka loetakse näiteks kõvadust (sitkust), vetruvust, nätskust ning vahel ka mahlasust. Enamjaolt nähakse tekstuuri sensoorse näitajana, kuid seda on võimalik ka seadmetega mõõta. Tavaliselt mõõdetakse kas lõiketugevust või kokkusurumist. Tulemustest järeldataksegi, kas liha on õrn või vastupidiselt tuim. Lõiketugevust (jõud, mida peab rakendama, et katsealust proovi lõigata) mõõdetakse peamiselt Warner-Bratzleri meetodiga (kirjeldatud peatükis 2.2.11.). (Ruiz de Huidobro *et al*. 2005: 527; Põldvere, Tänavots 2021f)

1.3. Liha mikrobioloogiline ohutus

1.3.1. Liha mikrobioloogilist ohutust mõjutavad tegurid

Mikrobioloogilist saastumist saab üldiselt jagada kaheks: patogeenide põhjustatud ja riknemist põhjustavate mikroorganismide saastatus. Tähtsaimateks toidupatogeenideks on

Salmonella spp., *Clostridium* spp., *Staphylococcus* spp., *Listeria* spp., *Yersinia* spp., *Campylobacter* spp. ja *Escherichia coli*. Nende sisaldust toidus saab enamasti kontrolli all hoida, järgides täpselt hügieenireegleid ning tagades toorainele vajaliku küpsusastme. (Warriss 2000: 186) Riknemist põhjustavateks mikroorganismideks on näiteks pärmseened (*Zygosaccharomyces*, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces* spp., *Candida*), hallitusseened (*Penicillium* spp., *Aspergillus*) ja piimhappebakterid (Rawat 2015: 47, 50–51).

Üheks väliseks teguriks, mis mõjutab mikroorganismide kasvu, on temperatuur. Igale mikroorganismile võib omistada minimaalse, optimaalse ja maksimaalse kasvutemperatuuri. Seepärast on liha säilitamistemperatuur väga oluline selle mikrobioloogilise ohutuse tagamisel. (Rei 2004: 127) Tabelis 1 on välja toodud mikroobide minimaalsed, optimaalsed ning maksimaalsed arengutemperatuurid.

Tabel 1. Mikroobide arengutemperatuurid, °C (Rei 2004: 128)

Grupp	Miinimum	Optimaalne	Maksimum
Psührofiilsed	−5 kuni +5	12–15	15–20
Psührotroopsed	−5 kuni +5	25–30	30–35
Mesofiilsed	+5 kuni 15	30–45	35–47
Termofiilsed	40–45	55–75	60–90

Märkus. Kr *psychros* – külm; *phileō* – armastan; *mesos* – keskmine, vahelmine; *thermos* – soe (Rei 2004: 127).

Enamiku mikroorganismide arengu optimaalne temperatuur jääb 25 ja 45 °C vahele, seega on lihatoodete jahutamisel oluline antud temperatuurivahemik kiiresti ületada (tabelis 1 psührotroopsed ja mesofiilsed). Toidumürgitust põhjustavad bakterid kasvavad kõige paremini temperatuuril 37 °C, kuid samas paljunevad ka teistel temperatuuridel. Temperatuuri lähenedes 0 °C aeglustub mikroorganismide kasv – liha puhul on kriitiline, et seda säilitataks temperatuuril alla 5 °C. (Rei 2004: 127–128; Warriss 2000: 186)

Mõned toidupatogeenid võivad ebasoodsates tingimustes moodustada spoore ehk eoseid. Näiteks moodustavad spoore *Clostridium* spp. bakterid, aga *Salmonella* spp. ja *Staphylococcus* spp. mitte. Tavaliste toiduvalmistamismeetoditega ei ole võimalik *Clostridium*'i eoseid hävitada. *Clostridium botulinum* põhjustab väga ränka, sageli ka surmavat toidumürgistust (botulism). Tegu on anaeroobiga ning see võib kasvada nt lihakonservides, kui neid korrektselt ei steriliseerita. *Clostridium botulinum*'it aitab kontrolli all hoida ka nitriti lisamine tootesse. (Warriss 2000: 187)

See, kas hapnikku leidub või mitte, määrab mikroorganismide tüübi. See tähendab, et aeroobsed mikroorganismid vajavad arenemiseks hapniku olemasolu, anaeroobsed seevastu suudavad areneda ainult hapnikuta. Leidub ka fakultatiivseid aeroobe ja anaeroobe ehk nemad on võimelised arenema mõlemates tingimustes. Näiteks kõik hallitusseened, mis lihal kasvavad, on aeroobsed, pärmid eelistavad aeroobseid tingimusi. Samas on lihas leitud nii anaeroobseid, aeroobseid kui ka fakultatiivselt aeroobseid baktereid. Tugev mädanemine on tavaliselt seotud anaeroobsete mikroorganismide kasvuga. (Rei 2004: 129; Warriss 2000: 188) Seega saab liha või lihatoodet nt gaasikeskkonda (MAP) pakendades pärssida aeroobsete mikroorganismide arenemist. Teada on, et CO_2 kasutamine pakendamiseks mõeldud gaasisegus aitab vähendada paljude mikroorganismide kasvu, häirides nende ensüümitasakaalu (Jakobsen, Bertelsen 2002: 143; Rei 2004: 163).

Üheks oluliseks liha riknemist mõjutavaks sisemiseks teguriks on vee aktiivsus (a_w). Mikroorganismide kasvuks on vajalik vaba vee olemasolu. Vee aktiivsus näitab vaba vee olemasolu, iseloomustades toote kohal oleva vee auru rõhu ja destilleeritud vee auru rõhu suhet (väärtus varieerub nullist üheni). Mikroorganismid ei kasva madalama a_w juures kui 0,75 ning enamiku kasv aeglustub 0,91 juures. Värske liha a_w 0,99 on sobiv enamiku mikroorganismide arenguks. (Rei 2004: 130: Warriss 2000: 189–190)

Mikroorganismide kasv on optimaalseim neutraalse pH (7,0) juures. Üldiselt kasvavad bakterid kõige kiiremini pH väärtuse 6,0–8,0, pärmseened 4,5–6,0 ning niitjad seened 3,5–4,0 juures. Erinevalt bakteritest ja pärmseentest arenevad hallitusseened ka väga happelises keskkonnas. Kuigi valminud liha pH 5,6–6,2 sobib paljude mikroorganismide arenguks, on see kõige sobivam atsidofiilsete bakterite arenguks. DFD-liha on oma kõrge pH-sisalduse tõttu väga soodne paik mikroorganismide arenguks. (Rei 2004: 130; Warriss 2000: 190; Adams, Moss 2007: 25–26)

Redokspotentsiaal näitab, kas tegu on oksüdeerumise või redutseerimisega. Kõrge redokspotentsiaal (oksüdeerumisaktiivsus) pärsib enamiku anaeroobsete bakterite kasvu, madal redokspotentsiaal (redutseeruv aktiivsus) jällegi aeroobsete. (Warriss 2000: 191; Rei 2004: 130)

1.3.2. Toorainele ja tootele esitatavad mikrobioloogilised nõuded

Euroopa Komisjoni määruses toiduainete mikrobioloogiliste kriteeriumide kohta (EÜ) nr 2073/2005 I lisas 1. peatüki (Toiduohutuskriteeriumid) punktis 1.2. on märgitud, et muudes valmistoitudes kui imikutele ja meditsiiniliseks eriotstarbeks ette nähtud valmistoitudes, milles võib paljuneda *L. monocytogenes*, on viimase piirmääraks mitte-esinemine 25 grammis tootes, kui mõõtmine toimub enne, kui toit on viidud selle tootnud toidukäitleja vahetu kontrolli alt välja (n = 5; c = 0, kus n – proovi moodustavate ühikute arv; c – proovi nende ühikute arv, mille väärtused jäävad näitajate m (mikroorganismide kolooniate arv grammi või milliliitri kohta, mille samaväärse või väiksema koguse korral kõigis osaproovides loetakse toit mikrobioloogilistele nõuetele vastavaks) ja M (suurim toidus lubatud mikroorganismide kolooniate arv grammi või milliliitri kohta, kusjuures toit loetakse mikrobioloogilistele nõuetele mittevastavaks ja toidukõlbmatuks, kui mikroorganismide kolooniate arv enamates kui c järgi lubatud osaproovides on võrdne väärtusega M või sellest suurem) vahele) (kriteeriumi kohaldatakse siis, kui valmistaja suudab pädevale asutusele piisavalt tõendada, et toode ei ületa kõlblikkusaja jooksul 100 pmü/g piirmäära; käitleja võib määrata protsessi ajal vahepealsed piirmäärad, mis peavad olema piisavalt madalad selle tagamiseks, et kõlblikkusaja lõpul ei ületataks 100 pmü/g piirmäära), või 100 pmü/g, kui mõõtmine teostatakse kõlblikkusajal turule viidud tootest (n = 5; c = 0) (kriteeriumi kohaldatakse toodete suhtes enne, kui toode on viidud selle tootnud toidukäitleja vahetu kontrolli alt välja, juhul kui toidukäitleja ei suuda pädevale asutusele piisavalt tõendada, et toode ei ületa kõlblikkusaja jooksul 100 pmü/g piirmäära) (Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 2073/2005: 10, 13–14). Samas on *L. monocytogenes*'i rahuldavaks väärtuseks $<1 \times 10^1$ pmü/g (Laikoja, Roasto 2017: 9) (tabel 2).

Tabel 2. Valitud toidugruppides sisalduvate mikroorganismide rahuldavad ja kriitilised kogused, pmü/g (sulgudes on vastavad väärtused logaritmituna, kujul log pmü/g) (Laikoja, Roasto 2017: 7–9, 14, 17)

Toidugrupp/mõõdetav mikroorganism	Rahuldav väärtus	Kriitiline väärtus
Jahutatud lõigatud sealiha		
Aeroobsete mikroorganismide üldarv	5×10^6 (6,7)	–
Hakkliha		
Aeroobsete mikroorganismide üldarv	5×10^5 (5,7)	5×10^6 (6,7)

Tabeli 2 järg

Toidugrupp/mõõdetav mikroorganism	Rahuldav väärtus	Kriitiline väärtus
Värske ja külmutatud köögivili		
Aeroobsete mikroorganismide üldarv	1×10^4 (4,0)	1×10^5 (5,0)
Kuumtöödeldud lihatooted (vorstid, singid, sh viilutatud, tükeldatud)		
Aeroobsete mikroorganismide üldarv	1×10^5 (5,0)	1×10^6 (6,0)
Enterobacteriaceae	1×10^2 (2,0)	1×10^3 (3,0)
Piimhappebakterid	1×10^5 (5,0)	1×10^6 (6,0)
Sulfitit redutseerivate klostriidide spoorid	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Koagulaaspositiivsed stafülokokid	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Listeria monocytogenes	$<1 \times 10^1$ (<1,0)	1×10^2 (2,0)
Valmistoidud: paneeritud tooted, pallid, kebabid, kotletid, sh vegan ja vegetaarsed tooted		
Aeroobsete mikroorganismide üldarv	1×10^4 (4,0)	5×10^5 (5,7)
Escherichia coli	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Koagulaaspositiivsed stafülokokid	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Eeldatav *Bacillus cereus*	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Clostridium perfringens	1×10^1 (1,0)	1×10^2 (2,0)
Salmonella	–	Puudub 25 grammis
Listeria monocytogenes	$<1 \times 10^1$ (<1,0)	1×10^2 (2,0)

Tabelist 2 on näha, et hakklihal on aeroobsete mikroorganismide üldarvu rahuldavaks ja kriitiliseks väärtuseks vastavalt 5×10^5 ja 5×10^6 pmü/g, värske ja külmutatud köögivilja vastavad näitajad on 1×10^4 ja 1×10^5 pmü/g. Kuumtöödeldud lihatoodete aeroobsete mikroorganismide üldarvu rahuldavaks väärtuseks on 1×10^5 pmü/g, kriitiliseks väärtuseks 1×10^6 pmü/g, valmistoitudel (paneeritud tooted, pallid, kebabid, kotletid, sh vegan ja vegetaarsed tooted) on need vastavalt 1×10^4 ja 5×10^5 pmü/g. (Laikoja, Roasto 2017: 8–9, 14, 17)

1.4. Liha tarbimise vajadus

Põhjusel, et inimene on kõigesööja ehk omnivoor, on liha kaua aega olnud ning püsib siiani väga tähtsal kohal paljude inimeste toidulaual, seda eriti arenenud riikides (McAfee *et al*. 2010: 2). Arvatakse, et kui arenev inimene poleks oma dieeti liha lisanud, oleks ebatõenäoline, et inimesel oleks arenenud ebatavaliselt suur ja võimekas aju (Wyness 2015: 227). Liha ja lihatoodete tarbimist mõjutavad erinevad tooteomadused (sensoorsed ja toiteväärtus, hind, mugavus, ohutus jne) ning tarbija ja keskkonnaga seotud tegurid

(psühholoogilised, kohalik majandusolukord, tervis, perekondlikud ja hariduslikud aspektid, kliima, õigusaktid jne). Nendest tulenevalt on üks tähtsamaid näitajaid, mis määrab ära liha ja lihatoodete imidži, nende tervislikkus – see tuleb kõige enam jutuks arenenud riikides. (Jiménez-Colmenero *et al*. 2001: 5)

Punane liha sisaldab 100 grammi kohta keskmiselt 20–24 grammi valku, mistõttu võib teda pidada suureks valguallikaks. Valku vajab organism kasvamiseks ning keha korrashoiuks ning selle osatähtsus päevasest energiavajadusest peaks olema vahemikus 10–20%. (Wyness 2015: 228; Pitsi *et al*. 2017: 90) Valgust saab inimene asendamatuid (näiteks lüsiin, leutsiin, isoleutsiin, treoniin jne) ja asendatavaid aminohappeid ning lämmastikku (Rei 2004: 10; Ferguson 2010: 308). Valkude defitsiiti näitab energiapuudus, tõsine valgupuudus toob endaga kaasa turseid, lihasnõrkust ning põhjustab naha ja juuste muutusi (Pitsi *et al*. 2017: 92). Lihast saab inimene kergesti omandada rauda, tsinki, seleeni ja erinevaid vitamiine, näiteks B_6, B_{12} ja D (Ferguson 2010: 308). Liha on hea rasvaallikas, inimese rasvavajadus päevasest energiast on 25–35%, milles küllastunud rasvhapped moodustavad max 10%, monoküllastumata rasvhapped 10–15% ning polüküllastumata rasvhapped 5–10% (sh vähemalt 1% energiakogusest oomega-3-rasvhapetest) (Pitsi *et al*. 2017: 90).

1.5. Liha liigse tarbimisega seotud ohud

Rasval on inimese päevase energiavajaduse omandamise juures suur osa. On tõendeid, et rasvarikkad dieedid on lisaks rasvumise põhjustamisele otseselt seotud käärsoolevähi riskiga. Rasva ja kolesterooli (soovitatav keskmine päevane tarbimishulk 200–300 mg) seostatakse ka südame-veresoonkonna haigustega. (Jiménez-Colmenero *et al*. 2001: 6; Pitsi *et al*. 2017: 99) Küllastunud rasvhapete tarbimisega tuleb olla ettevaatlik, kuna nende liigne tarbimine võib põhjustada eelnevalt mainitud terviseprobleeme ning lisaks diabeeti ja kõrget vererõhku. Just neid haigusi seostatakse liigse liha tarbimisega. (Rei 2004: 10)

Tavaline töötlemata liha naatriumi väga ei sisalda, kuid töödeldud lihatoodetes, näiteks vorstides, võib soolasisaldus olla umbes 2%, soolatud lihas veel enam, seega suureneb ka naatriumi sisaldus. Liiga palju naatriumi tarbimist seostatakse kõrge vererõhuga. (Jiménez-Colmenero *et al*. 2001: 7)

Lihas sisalduvad ained, mis on potentsiaalsed kantserogeenid, on valgud, kolesterool ning rasvad (Rei 2004: 13). Lihaga, just punase ning töödeldud lihaga enim seostatud vähiliigid on pärasoole-, pankrease- ehk kõhunäärme- ja rinnavähk (Rei 2004: 13; Ferguson 2010: 308–309). Samas, uuring on näidanud, et käär- ja pärasoolevähki suremus taimetoitlastel ei erine mittetaimetoitlaste omast ning liha seostatakse rohkem antud vähiliikide esinemissagedustega kui reaalsete surmadega, samuti vääriks suuremat tähelepanu konkreetsete vähiliikide juures rafineeritud süsivesikute kahjulik mõju tervisele (Key *et al*. 1998: 40).

Liha suitsutamisel võivad tekkida polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (ingl. k. *polycyclic aromatic hydrocarbons*) ehk PAH-id (arvukas klass kahest või enamast kondenseeritud aromaatsest tsüklist koosnevatest ühenditest) ning mitmel neist, nt benso(a)püreenil, on täheldatud vähki tekitavat mõju. Orgaanilise aine mittetäielikul põlemisel tekkivate PAH-ide allikateks võivad olla ka tööstuslikud protsessid, kodune kütuse põletamine ja liiklus. Lihatoodete PAH-ide sisaldust mõjutab enim aga kuumtöötlemise viis (grillimine, röstimine, praadimine), kuumutamise temperatuur ja aeg, rasva nõrgumine (ärajuhtimine) ja kaugus kuumaallikast. PAH-ide poolest on murettekitavaim just suitsutatud toit. (Djinovic *et al*. 2008: 449–450; Maaeluministeerium 2018) Alates 01.09.2014 kehtib Euroopa Komisjoni määrusele nr 1881/2006 vastavalt suitsulihas ja suitsutatud lihatoodetes benso(a)püreeni piirmäär 2,0 µg/kg (Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 1881/2006: 24).

Kiudained vähendavad vähiriski, seega on kasulik lihatoodetele lisada kiudainerikkaid taimseid komponente (Rei 2004: 13). Sellega saavutataks toidu tervislikkuse kasv ning vähendataks liha kasutamist. Bingham *et al*. (2003: 1500) poolt läbi viidud uuring näitas, et kiudainete rikaste toitude tarbimine tõepoolest vähendab soolevähiriski, samas ei saa väita, et tegu oleks ainult kiudainete mõjuga, kuna kiudainerikkad toiduained sisaldavad veel paljusid kasulikke komponente.

1.6. Tasakaalustatud toitumine

Üha enam on inimesed hakanud tähelepanu pöörama sellele, mida nad söövad. Tasakaalustatud toitumise vajalikkus ja mõju jõuab kiiresti liikuvas ning arenevas maailmas

üha lihtsamini inimeste kodudesse. Trendid muutuvad ning paljud üritavad nendega kaasas käia – näiteks veganlus ja taimetoitlus koguvad iga päevaga rohkem populaarsust. Hetkel maailma kaks suurimat probleemi, mis mõjutavad rahvastiku tervist ning toitumist, on kliimamuutused ning ülekaalulisus. Mõlemaid probleeme võimendavad praegused inimeste tarbimisharjumused ning nende muutmisega on võimalik ümber pöörata nii liigset kehakaalu kui ka maailma ähvardavat kliimamuutust. (Macdiarmid *et al*. 2012: 632) See tähendab, et vähendades tarbimist ning muutes seda samas mitmekesisemaks ning säästlikumaks, redutseerides ebavajalikku plastiku kasutamist, tarbides kohalikke ning jätkusuutlikult kasvatatud tooraineid, mille transportimise ning tootmisega ei tekitata liigseid süsinikemissioone, on võimalik samal ajal võidelda nii kliimamuutuste kui ka ülekaalulisusega.

Toitumine või dieet on midagi enamat kui selles sisalduvate komponentide summa – see on toidukombinatsioon, mis koosneb toitainete ning muude koostisosade segudest, ning ühe komponendi kontsentratsiooni muutmine muudab kogu toitumise iseloomu (Simpson *et al*. 2015: 18). Tasakaalustatud toitumine tähendab seda, et inimene tarbib päevas just tema isiklike vajaduste katmiseks vajaliku energiakoguse, mis saadakse süsivesikutest, rasvadest, valkudest, lisaks on määratletud maksimaalne päevane kolesteroolikogus, soovituslikud kiudainete, vitamiinide, mineraalainete ja vee kogused. Tähtis on hoida energiabilanssi ehk toiduga saadud ning keha poolt kasutatud energiakogused peaksid olema võrdsed (British Nutrition Foundation 2018). Kui need on tasakaalust väljas, siis ühelt poolt toimub kaalutõus, teises äärmuses aga -langus. Näiteks Suurbritannias, nagu ka paljudes teistes riikides, ületab inimene päevast soovitatud kogust küllastunud rasvhapete, lisatud suhkru ning soola mõistes, samal ajal ei suudeta tarbida päevast soovituslikku kiudainete kogust (Macdiarmid *et al*. 2012: 632). Lisaks käesoleva töö alapeatükkides 1.4. ja 1.5. välja toodud soovituslikele päevastele valgu, rasva (sh küllastunud, mono- ja polüküllastumata rasvhapete) ja kolesterooli kogustele peaks inimese päevasest energiavajadusest 50–60% moodustama süsivesikud ning päevas tuleks tarbida olenevalt vajalikust energiakogusest vähemalt 25–35 grammi kiudaineid (Pitsi *et al*. 2017: 90, 111). Arvutuslikult annavad üks gramm nii süsivesikuid kui ka valke umbes 4 kcal energiat, üks gramm rasva aga umbkaudu 9 kcal. Kõrge süsivesikute vajadus näitab ka seda, et väga populaarsed süsivesikutevabad dieedid ei ole vähemalt toitumissoovituste põhjal õigustatud. Lisaks makrotoitainetele tuleb soovituslikes kogudes tarbida ka mikrotoitaineid, nagu näiteks vitamiinid A, B_1, B_2, B_{12}, C jm ning mineraalained jood, kaalium, kaltsium, raud, seleen, magneesium jne.

Tasakaalustatud dieet peaks sisaldama kiudainerikkaid toite, nagu köögiviljad (rohelised lehtköögiviljad, kapsad, sibulad, kaunviljad, juurviljad), puuviljad, seemned, pähklid, marjad ja täisteraviljatooted, taimeõlid, lisaks neile loomsed saadused nagu kala ja mereannid, muna, erinevad piimatooted, linnuliha ja liha. Kui toitu tarbitakse mitmekesiselt ning õigetes kogustes, kombineerides seda kehaliselt aktiivse eluviisiga, aitab see vähendada ülekaalulisuse ning rasvumise riski. Vastupidise toitumise muster, mis sisaldab pidevat rafineeritud teravilja- ja püülijahutoodete kõrget tarbimist, süüakse suurtes kogustes töödeldud ning punast liha ja ohtralt suhkrut, soola ning küllastunud ja transrasvhappeid, on seotud krooniliste haiguste kujunemisega ning ebasoodsate tervisemõjudega. (Pitsi *et al*. 2017: 256)

1.7. Lihatoodetes põhiliselt kasutatavad taimsed toorained

Taimsete lisandite kasutamine lihatoodetes ei ole midagi innovaatilist. Tihti tuleb lisada teatud komponente, et lihatoode vastaks soovitud standarditele. Näiteks keeduvorstidesse lisatakse sojavalku ja tärklist. Sojavalk, mida kasutatakse nt sinkide ja vorstide pritsimissoolvee komponendina, hoiab oma hea veesidumisvõime tõttu ära kuumutamisel vee ja rasva eraldumise, sellega kindlustatakse vorstile mahlasus ning pehmus (Tepper *et al*. 2013: 20). Sojavalgul on 100 grammi valgu kohta võime siduda 30–50 g vett (määratud tsentrifuugitult). Sojajahu lisatakse tootele üldjuhul eesmärgiga toimida täiteainena. (Petracci *et al*. 2013: 33) Sojakontsentraadid, mis on toodetud rasvatustatud sojahelvestest, on sobivad rasva- ja valguemulsioonide valmistamiseks kas koos või ilma naatriumkaseinaadita. Sojakontsentraatide valgusisaldus on koguni 67% ning need on kiudainerikkad, sisaldades enamjaolt samas väärtuses kiudaineid kui tavaline sojauba. Sojakontsentraadist veel suurema valgusisaldusega on sojaisolaat (90% või enam). See on praktiliselt maitseta, hea rasva emulgeerimise võimega ning lahustuvusega, mistõttu sobib see hästi viineritesse, sardellidesse ning keeduvorstidesse, kuna see parendab lõigatavust ja konsistentsi. (Rei 2004: 147–148; Petracci *et al*. 2013: 33) Kategoriseerimine jahuks, kontsentraadiks ja isolaadiks tulenebki kuivaine valgusisalduse põhjal, kus valgusisaldus on ümmarguselt vastavalt 50%, 70% ja 90% (Petracci *et al*. 2013: 33).

Nisuvalk, mis sisaldab 10–15% gluteeni, suurendab toote viskoossust. Nisuvalk reageerib müosiiniga, see on oluline, kui seda lisada lihasaadustele. Samas on ta soolalahustes praktiliselt lahustumatu, mis teeb selle kasutamise raskeks. (Rei 2004: 148)

Rehüdreeritud helvestatud köögiviljavalke, nagu nt soja, hernes ja nisu, lisatakse lihatoodetele ka seepärast, et optimeerida toote maksumust, vähendades samal ajal liha sisaldust. Seda rakendatakse näiteks burgeripihvides ja salaamides. Hernevalku on siiski raskem kasutada, kuna sellel on tugevam maitse kui näiteks sojal, mis teeb selle lisamise mahedama maitsega lihatoodetesse keeruliseks, ilma tugevat kõrvalmaitset andmata. (Petracci *et al*. 2013: 33)

Kuna taimne tooraine on tihti odavam kui loomne, otsitakse üha rohkem võimalusi, kuidas lihatoodete omahinda alandada või funktsionaalseid omadusi parendada. Teiste seas võib välja tuua lutsernikontsentraadi, hernejahu, põldoajahu, päevalilleseemnete pressimisjäägid, kartulipealsetest valmistatud valgu, vetikad, kõrvitsad jne. (Rei 2004: 148)

Eelpool sai mainitud tärklist, mis leiab kasutust näiteks keeduvorstides. Tegu on polüsahhariidiga, mida lisatakse lihatoodetesse veesiduvuse tõstmiseks, mis tähendab, et see hoiab keeduvorsti koos, kuna tärklis moodustab kuumtöötlemisel kliistri. Tärklist lisatakse keeduvorstidele tavaliselt 2–7% ning see pole tarbija tervisele ohtlik. Enim kasutatakse kartuli-, maisi- ja nisutärklist. (Rei 2004: 150) Kartulitärklise teeb lihatööstuse jaoks parimaks variandiks see, et sellel on madal želatiinistamise temperatuur (60–65 °C) ja kõrge veesiduvusvõime ning viskoossus. Osasid modifitseeritud tärklisi võidakse kasutada, saavutamaks soovitud rasvaomadusi, samal ajal täiustades lihatoote suutunnetust ning geelistunud vee stabiilsust külmutamisel ja sulatamisel. (Petracci *et al*. 2013: 31) Looduslikul tärklisel on halb termilise kui ka mehaanilise töötlemise taluvus, seepärast kasutatakse enamasti lisaainetega keemiliselt või füüsiliselt töödeldud tärkliseid, millel on töötluse tagajärjel parem happe- ja termostabiilsus ning pundumisvõime (Tepper *et al*. 2013: 42).

Erineva päritoluga taimsete kiudude kasutamine lihatoodete kvaliteedi parendamiseks on tehnoloogilisest vaatepunktist paljutõotav trend. Taimsetel kiududel on mitmeid lihatoodete jaoks kasulikke omadusi, näiteks veesiduvusvõime suurendamine, tekstuuri muutmine, emulgeeritud toodete rasva stabiilseks muutmine, samuti saab kiude kasutada ka lihatoodete toiteväärtuse rikastamiseks. Head lahustumatute kiudude allikad on bambus, kaera- ja

nisukliid (tselluloos, hemitselluloos ja ligniin), lahustuvaid kiude saab näiteks puuviljadest (õun, tsitrulised), psülliumist ehk India teelehest ja sigurist (nt pektiin), samuti kartulist ja porgandist. (Petracci *et al*. 2013: 33–34)

Looduslikke antioksüdante kasutatakse lihatoodetes oksüdatsiooni aeglustamiseks (Ahn *et al*. 2006: 1364). Oksüdatsioon, mille toimumise eelduseks on kaksiksidemete olemasolu rasvhapetes (ehk küllastunud rasvhapete oksüdeerumist praktiliselt ei toimu), põhjustab rasva rääsumise ning tootel on tugevad maitse- ning lõhnavead (Poikalainen 2004: 20–21). Teadlased on täheldanud antioksüdantset mõju lihatoodetele näiteks rosmariinil, salveil ja α-tokoferoolil ehk E-vitamiinil (Ahn *et al*. 2006: 1364). Lisaks on antioksüdatiivne mõju veel lavendlil, oregano (pune) eeterlikul õlil, viinamarjaseemne ekstraktil, tüümiani eeterlikul õlil, rohelisel teel jm (Patel 2015: 1052–1053).

Testitud on ka erinevate eeterlike õlide antimikrobiaalseid efekte. Hiina kaneel on olnud efektiivne patogeenide *S. Typhimurium*'i ja *L. monocytogenes*'e vastu, koriander andis antibikrobiaalse efekti *C. jejuni* suunas, tüümiani ja oregano eeterlikud õlid suudavad kahandada *E. coli* kasvu ning esimene elimineerida 50% värske kanaliha mikrobiootast, tsitrusekoore eeterlikud õlid on võimelised märkimisväärselt kahandama *Salmonella sp.* ja *E. coli* osakaalu ning näiteid on veelgi. Seega on eeterlike õlide kasutamine toodetes, kus on soovitud teatud mikroorganismide arenemist kahandada, väga paljutõotav. (Patel 2015: 1053; Burt, Reinders 2003: 165)

Samuti on tõestatud, et eeterlikud õlid parendavad lihatoodete sensoorseid ja tekstuurilisi omadusi. Näiteks parendab oregano eeterlik õli vorsti tekstuuri. Lisaks on neist kasu ka heterotsükliliste amiinide ja polütsükliliste aromaatsete süsivesinike mõju vähendamisel. (Patel 2015: 1055–1056)

1.8. Värsked köögiviljad lihatoodetes

1.8.1. Funktsionaalne toit

Maailma trendid muutuvad pidevalt ning inimesed hakkavad aina enam mõtlema tervislikult, sealjuures hakatakse paremini aru saama täisväärtusliku toitumise ning inimese

tervise seosest. Sellega liigutakse toitude poole, mis ei ole mitte ainult tervislikud, vaid annavad tarbijale ka lisaväärtusi. Taoliste toitude kohta kasutatakse mõistet „funktsionaalne toit“. Funktsionaalse toidu all mõeldakse praktilist ning innovatiivset lähenemisviisi tervisliku seisundi saavutamiseks, suurendades inimese heaolutunnet ning võimalusel vähendades haiguste riski (Siró *et al*. 2008: 456). See peaks mingil määral mõjuma positiivselt lihatööstustele, kuna sellega avaneb neil võimalus parendada liha imagot ja kvaliteeti, sest liha on sattunud suure kriitika alla. Lihatoodete kvaliteedi ning toiteväärtuse tõstmine taimsete naturaalsete toorainetega võib lisada antud sektorisse ka mitmekesisust. (Carvalho *et al*. 2019: 1)

Funktsionaalsete toorainetega proovitakse vähendada lihatoodete soola, nitritite, kolesterooli ja küllastunud rasvhapete sisaldust. Köögiviljad ning taimsed kiud muutuvad aastatega aina populaarsemateks, kuna nende kasutamine lihatoodetes aitab vähendada toote omahinda ning nad lisavad toiteväärtust. Väga kasulik oleks kasutada lihatoodetes kiudainerikkaid taimseid komponente. (Carvalho *et al*. 2019: 2)

Saamaks tasakaalustatud toitumist soodustavaid lihatooteid, sh funktsionaalsete omadustega, tuleb vältida soovimatuid (looduslikke või muid) aineid või vähendada neid tehnoloogiliselt vajaliku piirini ning tõsta teiste kasulike omadustega ainete sisaldust (funktsionaalsed või mitte, looduslikult või tehislikult). Üheks võimaluseks on tootes vähendada nende ühendite hulka, mis seal tavaliselt leiduvad ning mida võiks olla vähem, näiteks küllastunud rasvhapped, rasvad, sool ja nitrit. Teine võimalus on tootele lisada toidulisandeid, mis on potentsiaalselt funktsionaalsed ehk tervist parendavad, nagu näiteks kiudained, köögiviljavalk, antioksüdandid ning mono- ja polüküllastumata rasvhapped. (Jiménez-Colmenero *et al*. 2001: 8)

1.8.2. Värskete köögiviljade kasutamise võimalused lihatoodetes

Lihatooted, nagu lihapallid, pihvid, kotletid, grillvorstid ja viinerid, on tarbijate seas väga populaarsed, kuna nad pakuvad kiiret, mugavat ja taskukohast võimalust tarbida loomset valku. Toitumisteadlaste seas on kõnealused lihatooted aga tugeva kriitika all, kuna nende soola- ja kalorisisaldused on üpris suured ning rohke tarbimise korral võivad nad tekitada üleliigset kehakaalu. Selliseid juba söömiseks valmis lihatooteid seostatakse tihtipeale ka

suurenenud haiguste riskiga, mispärast oleks turule vaja potentsiaalselt tervislikumaid alternatiive, mis kataksid kiirelt ja mugavalt inimeste vajadused, samas jättes parema jälje nii inimese tervisele kui vähendaksid ökoloogilist jalajälge. Heaks näiteks oli AS HKScan Eesti Rakvere Lihatööstuse 50/50 tootesari, kus nagu nimigi vihjab, kasutati lihapallide ja kotlettide, isegi grillvorstide tegemiseks 50% liha ning sama palju erinevaid köögivilju, näiteks suvikõrvitsat, brokolit, kaalikat, hernest, lillkapsast, porgandit ja pastinaaki. Toodetes vähendati märkimisväärselt soolasisaldust ning eemaldati kõik E-ained. (Rakvere Lihatööstus *s.a.*) Kuigi lihatööstuse kodulehel on siiani kampaaniate all 50/50 tootesari olemas, siis konkreetselt toodete all neid ei leidu, samuti ei ole kõnealuseid produkte saadaval enam jaekaubanduses. Seega ei õnnestu leida infot ka nende toitumisalase teabe kohta. Põhjuste üle, miks Eestis innovatiivsed tooted poelettidelt kadunud on, saab vaid spekuleerida, tõenäoliselt on põhjuseks inimeste vähene huvi toodete järgi, mis ei vastanud tootja eeldustele, ning võimalik on, et esinesid säilivusega seotud probleeme. Maks&Mooritsa toores hakklihasegu porgandiga (viimast oli seal 20%) kadus samuti poelettidelt ning põhjusteks pidavat olema just säilivusega seotud probleemid. See annab aimduse, et värske köögivilja lisamine lihatootesse või lihavalmististesse võib või mõjutabki negatiivselt toote säilivusaega.

Kui vaadelda köögiviljadega lihatoodete valmistamise tööstuslikku poolt, on värskete köögiviljade kasutamine lihasaaduste tootmisel keeruline. Suurel tööstusel on kasulikum kasutada külmutatud toorainet, sest seda on tunduvalt lihtsam säilitada ning sellel on pikk realiseerimisaeg. Külmutamine põhjustab aga teatud määral rakuseinte nõrgenemist või isegi purunemist (enim aeglane külmutamine, mis soodustab suurte jääkristallide tekkimist), mis võivad tooraine tekstuuri negatiivselt mõjutada (Préstamo *et al*. 1998: 223).

Köögiviljad, mille kasutamist lihatoodetes eelnevalt uuritud, on nt porgand, bataat, spinat, lillkapsas ja brokoli (viimane kuivatatud kujul) (Bhosale *et al*. 2011; Carvalho *et al*. 2019; Syuhairah *et al*. 2016; El-Anany *et al*. 2020; Aamer, Emara 2016). Kasutades lihatoodete retseptides kuumtöödeldud ning seejärel püreestatud ja jahutatud köögivilju, tähendab see seda, et lihatoote kuumutamisel kuumtöödeldakse lisatud taimset toorainet teist korda, mis seejärel jahutatakse ja pakendatakse. Näiteks Bhosale *et al*. (2011: 234) uuringus lisati kananagitsatele kas homogeniseeritud porgandit või bataati, mis keedeti ning seejärel püreestati. Minantyo *et al*. (2019: 264) uuringus lisati piimakala (*Chanos chanos*) lihapallide sisse kas keedetud või värskeid keetmata *Moringa oleifera* ehk *kelor*'i lehti. El-Anany *et al*.

(2020) uuringus valmistati kananagitsaid, millele lisati blanšeeritud ning seejärel külmutatud lillkapsast (läbi hakklihamasina). Carvalho *et al*. (2019) ja Zamora *et al*. (2017) uuringutes lisati kanalihakotlettidesse ja veiselihapallidesse vastavalt spinatit ja leivapuu vilja, kuid artiklites ei toodud välja, mis kujul seda tehti.

1.8.3. Köögiviljade omaduste muutumine kuumtöötlemisel

Köögiviljad on väga head süsivesikute, valkude, mineraalainete, kiudainete, vee, antioksüdantide, β-karoteeni, B_1-vitamiini (tiamiin), B_2-vitamiini (riboflaviin), B_3-vitamiini (niatsiin), B_5-vitamiini, B_6-vitamiini, B_9-vitamiini (foolhape), C-vitamiini (askorbiinhape), E-vitamiini ja K-vitamiini allikad (Fabbri, Crosby 2016: 2–3). Selleks, et köögiviljade kõik kasulikud omadused säiliksid, tuleb valida õige kuumtöötlemisviis. Konkreetse vilja jaoks parima töötlemistehnikaga on võimalus toitainete omastatavust isegi suurendada. Sellisel moel on võimalus maksimeerida produkti kasulikke omadusi ainuüksi õige valmistusmeetodiga. Kõige enimkasutatud kuumtöötlemismeetodid köögiviljadel on aurutamine, keetmine, röstimine, praadimine, pruunistamine, rõhu all kuumutamine, *sous vide* ehk vaakumis kuumtöötlemine ja mikrolaineahjus valmistamine (Fabbri, Crosby 2016: 3). Valitud köögiviljade keemiline koostis pärast erinevaid töötlemisviise on välja toodud järgnevas tabelis 3.

Tabel 3. Valitud köögiviljade keemiline koostis 100 grammis viljas, g (Tervise Arengu Instituut 2020)

Köögivili	Töötlusviis	Valgud	Rasvad	Süsivesikud	Kiudained	Vesi	Tuhk
	Toores/värske	1,90	0,30	0,40	1,30	94,50	1,60
	Külmutatud	2,25	0,30	0,50	2,00	94,10	0,86
Spinat	Kuumtöödeldud	2,24	0,35	0,47	1,53	93,50	1,88
	Toores/värske	1,60	0,20	5,16	2,40	89,90	0,70
	Külmutatud	1,36	0,21	4,06	2,00	91,90	0,48
	Aurutatud	2,63	0,42	5,34	2,00	88,70	0,90
Lillkapsas	Keedetud	1,65	0,21	5,31	2,47	89,60	0,72
	Toores/värske	4,30	0,60	3,20	2,50	88,50	0,90
	Külmutatud	2,00	0,36	2,40	2,50	92,20	0,50
	Aurutatud	4,10	0,50	3,50	2,60	88,50	0,80
Brokoli	Keedetud	4,64	0,65	3,46	2,70	87,60	0,97

Tabeli 3 järg

Köögivili	Töötlusviis	Valgud	Rasvad	Süsivesikud	Kiudained	Vesi	Tuhk
	Toores/värske	0,60	0,20	5,60	2,90	90,10	0,60
	Külmutatud	0,82	0,21	5,70	3,00	89,70	0,57
Porgand	Keedetud	0,60	0,40	5,30	2,40	90,00	1,30
	Toores/värske	3,40	0,60	4,10	3,80	86,60	1,50
Lehtkapsas	Kuumtöödeldud	3,47	0,61	4,18	3,88	86,30	1,53
	Toores/värske	1,00	0,20	4,10	2,30	91,90	0,50
Paprika	Küpsetatud	1,30	0,50	4,50	1,90	91,00	0,80
	Toores/värske	1,19	0,20	6,90	2,50	88,50	0,70
Peet	Keedetud	1,60	0,20	6,90	2,50	87,80	1,00

Tabelis 3 on näha valitud toorete/värskete, külmutatud või mingil moel kuumtöödeldud (nt aurutatud, keedetud) köögiviljade valgu-, rasva-, süsivesikute-, kiudainete-, vee- ning tuhasisaldusi 100 grammis viljas. Näiteks külmutatud lillkapsas on võrreldes värske viljaga valgu-, süsivesikute-, kiudainete- ja tuhasisaldus väiksem. Sarnast mustrit on näha ka brokoli puhul. (Tervise Arengu Instituut 2020)

Maksas kolesteroolist sünteesitavate happeliste steroidide ehk sapphapete sidumist on seostatud võimaliku mehhanismina, mille abil saab alandada kolesterooli taset. Sapphapped on vajalikud toidurasva imendumiseks seedetraktist. Kahlon *et al*. (2007) uuringust selgus, et toores spinat, lehtkapsas ja rooskapsas seovad kuivaine baasil sapphappeid 1,5–2 korda paremini kui brokoli ning umbes kolm korda paremini kui roheline paprika ja peakapsas. (Kahlon *et al*. 2007: 1532–1533) Samade köögiviljade aurutamisel oli suhteline sapphapete sidumine kuivaine baasil järjestusega (suuremast väiksemaks) lehtkapsas > brokoli > rooskapsas = spinat = roheline paprika > peakapsas (Kahlon *et al*. 2008: 354). Lehtkapsa, brokoli, peakapsa ja rohelise paprika pruunistamine andis tunduvalt suurema sapphapete sidumise kui samad köögiviljad toorelt, aurutatult või keedetult. Leht- ja peakapsa aurutamine näitas samuti suuremat sapphapete sidumist kui samad viljad toorelt või keedetult. (Kahlon *et al*. 2012: 953) Seega võiks värskete köögiviljade lisamisega tõusta sapphapete sidumine ning see omakorda alandaks kolesterooli taset, mille tõusu seostatakse lihatoodete tarbimisega.

Köögiviljade üks positiivsemaid omadusi on nende vitamiinisisaldus. Lisades taimseid saaduseid lihatoodetesse, on suure tõenäosusega võimalik viimaste vitamiinihulka suurendada. Selleks on hea teada, kuidas erinevad köögiviljades sisalduvad mikrotoitained kuumtöötlemisviisidele vastu peavad. Niiviisi saab teha järeldusi, kas ja millist

kuumtöötlemisviisi (kas enne või pärast lihamassi lisamist) köögiviljadele rakendama peaks. Saamaks paremat ülevaadet, koondati valitud toorete ning kuumtöödeldud köögiviljade vitamiinide sisaldused järgnevasse tabelisse 4.

Tabel 4. Valitud toorete ning kuumtöödeldud köögiviljade vitamiinide sisaldused 100 grammis viljas ümardatuna ühe kohani pärast koma (Tervise Arengu Instituut 2020)

Köögi-vili	Kuum-töötlemis-viis	Vitamiinid									
		A, RE	B_1, mg	B_2, mg	B_3, NE	B_9, µg	B_{12}, µg	C, mg	D, µg	E, αTE	K, µg
Brokoli	Toores	39,0	0,1	0,2	1,2	110,0	0,0	120,0	0,0	0,7	110,0
	Aurutatud	30,2	0,3	0,2	1,6	72,0	0,0	60,0	0,0	1,8	110,0
	Keedetud	42,1	0,1	0,2	1,1	89,0	0,0	64,8	0,0	0,8	120,0
Leht-kapsas	Toores	450,0	0,1	0,4	4,0	190,0	0,0	110,0	0,0	0,9	620,0
Lill-kapsas	Toores	1,0	0,1	0,1	0,9	47,0	0,0	61,5	0,0	0,1	20,0
	Aurutatud	1,0	0,1	0,1	1,3	52,0	0,0	38,3	0,0	0,1	0,0
	Keedetud	0,9	0,0	0,0	0,7	24,0	0,0	15,8	0,0	0,1	21,0
Paprika	Toores	26,3	0,0	0,0	0,9	49,0	0,0	168,0	0,0	2,1	5,0
	Küpse-tatud	13,8	0,0	0,0	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Pea-kapsas	Toores	0,5	0,1	0,1	0,8	19,0	0,0	37,4	0,0	0,0	60,0
	Hautatud	5,5	0,0	0,0	0,4	28,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0
Peet	Toores	0,6	0,0	0,1	0,4	69,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
	Keedetud	0,6	0,0	0,0	0,2	46,0	0,0	2,0	0,0	0,1	0,0
Porgand	Toores	774,0	0,1	0,1	0,8	16,0	0,0	6,5	0,0	0,4	19,0
	Keedetud	631,0	0,1	0,0	0,2	17,0	0,0	2,0	0,0	0,6	0,0
Spinat	Toores	274,0	0,1	0,2	1,8	190,0	0,0	60,0	0,0	2,9	560,0
	Kuum-töödeldud	322,0	0,1	0,1	1,5	110,0	0,0	17,6	0,0	3,4	660,0

Märkused:
1. RE – retinooli ekvivalent (retinool + 1/12 beeta-karoteeni ekvivalent).
2. NE – niatsiini ekvivalent (1 NE = 1 mg niatsiini, 1 NE = 60 mg trüptofaani).
3. αTE – α-tokoferooli ekvivalent (milligrammides).

Tabelist 4 on näha, et lillkapsa kuumtöötlemisel oleks soovituslik kasutada aurutamist, kuna kõnealuse viisiga on vitamiinide kadu väiksem kui keetmisel (v.a vitamiin K, kus aurutamine kaotab selle sisalduse täielikult, keetmine aga suurendab). Eesti liikumis- ja toitumissoovituste järgi on rasvlahustuvateks vitamiinideks A, D, E ja K, mis on kuumtöötlemisele vastupidavamad, ning vesilahustuvateks C- ning B-grupi vitamiinid, mis on kuumutamise suhtes tundlikumad (Pitsi *et al*. 2017: 130). Brokoli puhul varieeruvad tulemused rohkem kui lillkapsal – näiteks B_1-, B_3- ja E-vitamiini silmas pidades peaks eelistama aurutamist, A-, B_2-, B_9-, C- ja K-vitamiini poolest aga keetmist. Näiteks keedetud brokoli suuremat A-vitamiinisisaldust kui toores brokolis võib põhjendada sellest vee

eraldumisega. Fabbri ja Crosby (2016: 8–9) ülevaateartiklis järeldati, et aurutamine on sobivaim köögiviljade kuumtöötlemisviis, kui soovitakse säilitada antioksüdantide koguvõimsust (TAC, ingl. k. *total antioxidant capacity*), glükosinolaatide, sulforaani, karotenoidide, folaatide ja teiste fütokemikaalide sisaldust. Hernes sisalduvate folaatide säilitamiseks soovitatakse aga keetmist.

Tabelist 4 saab veel välja lugeda, et paprika puhul kaotab küpsetamine B_9-vitamiini peaaegu täielikult ära (49 µg/100 g toores ja 0,9 µg/100 g küpsetatud paprikas), toore paprika 168 mg C-vitamiini 100 grammis tootes kaob küpsetamisega täielikult. Need kaks on ka ühed kõige kuumutamistundlikumad vitamiinid, mis võivad kuumtöötlemise käigus suurel määral hävineda. Tabelist selgub, et vitamiin A on kuumutamisele üks vastupidavamaid – tegu on rasvlahustuva vitamiiniga. Enamikel juhtudel mainitud vitamiinisisaldus kuumtöötlemisega kas veidi väheneb või hoopiski kasvab (näiteks toore porgandi 774 RE ja keedetud porgandi 631 RE või toore spinati 274 RE ja kuumtöödeldud saaduse 322 RE). Vitamiinide kao vähendamiseks on soovitatud äsja tükeldatud suuretükilisi köögivilju keeta võimalikult väheses vees lühikest aega ning vältida toidu mitmekordset soojendamist (Pitsi *et al*. 2017).

Teadaolevalt on peamine põhjus köögiviljade kuumtöötlemiseks nende sensoorsete omaduste muutmine. Kuumtöötlemine teeb need tekstuuri poolest inimestele meeldivamateks, see parendab ja võimendab maitset ning aitab toidul paremini seeduda. Köögiviljade kuumutamine toob esile nende aroomi ning äratab inimestes tahtmise neid süüa – taimsed saadused muutuvad isuäratavamateks. Kuumtöötlemise kestus, temperatuur ja tehnika mängivad olulist rolli, kuna erinevatel viljadel on erinevad tekstuursed eelistused – näiteks kartulit süüakse pehmelt, porgandit eelistatakse veidi kõvema tekstuuriga. Küpsetamise tehnika on tähtis seepärast, et valesti tehtuna võivad taimsed saadused tihti ebameeldivad olla. Näitena sobib rooskapsas, mis valesti valmistatuna on kibeda maitsega.

1.8.4. Valge lillkapsas (*Brassica oleracea var. Botrytis*)

Lillkapsa näol on tegu üle maailma laialdaselt kasutatud ristõieliste (*Brassicaceae*) sugukonda kapsasrohu (*Brassica*) perekonda kuuluva köögiviljaga, mis leiab kasutust nii suppides, salatites kui muudes roogades. Kapsasrohu perekonda kuuluvaid köögivilju seostatakse krooniliste haiguste riski vähendamisega, nagu südame- ja

veresoonkonnahaigused ja vähk. Kapsasrohu perekonda kuuluvad köögiviljad on väga toitvad, sisaldades palju vitamiine, karotenoide, lahustuvaid suhkruid, kiud- ja mineraalaineid, glükosinolaate ja fenoolseid ühendeid. Valge lillkapsas (*Brassica oleracea var. Botrytis*) sisaldab vitamiine A, B_1, B_2, B_3 ja C, lisaks kaltsiumi, rauda, magneesiumit, fosforit ning taimseid rasvu. (Ahmed, Ali 2013: 1–2; El-Anany *et al*. 2020: 47)

1.8.5. Tehnoloogilised probleemid värskete köögiviljade lisamisel lihatoodetesse

Põhjusel, et värskete köögiviljade kuumtöötlemisel eraldub vesi, kuna rakkude struktuur muutub ning need ei hoia enam vett kinni, võib kuumtöötlemata taimse saaduse lihatootesse lisamisega tekkida teatud probleeme. Nimelt vabaneks köögiviljades olev vesi lihatoote kuumtöötlemise käigus, mis suurendaks tootes vaba vee olemasolu. See võib tuua endaga kaasa probleeme säilimise ning ka tekstuuri osas.

Lihatoote mikrobioloogiline koostis on toote säilimist silmas pidades väga oluline näitaja. Lihatootel piisab kuumutamisest 72 °C-ni – siis hävinevad enamik patogeene, mida ohutu toit kindlasti sisaldada ei tohi. Näiteks *Salmonella* ja verotoksiline *E. coli* kujutavad endast ohtu just nimelt toidu puhul, mille sisetemperatuur ei tõuse 72 °C-ni ning mis sisaldab taimseid komponente. (Põllumajandus- ja Toiduamet 2021)

Köögiviljade lisamisega lihatoodetesse muutuvad nende sensoorsed omadused. Tarbija tunnetab muutust ning need võivad saada otsustavaks, kas tooted võetakse omaks või nendega ei kohaneta. Käesoleva töö peatükis 1.9. on selgitatud, kuidas on köögiviljade lisamine sarnasel teemal eelnevalt läbi viidud teadusuuringutes mõjutanud lihatoodete sensoorseid, füüsikalis-keemilisi ja mikrobioloogilisi omadusi.

1.9. Sarnasel teemal eelnevalt läbi viidud teadusuuringud

Bhosale *et al*. (2011: 234) teostatud uuringus, kus vaadeldi toore purustatud porgandi ja kuumtöödeldud maguskartuli püree mõju kananagitsate toiteväärtusele, värvusele, tekstuurile jm, muudeti retseptis vaid eelmainitud vaadeldavate köögiviljade ning kanaliha

koguseid. Sarnaselt toimisid ka Carvalho *et al*. (2019: 2), Minantyo *et al*. (2019: 264), Zamora *et al*. (2017) ning Syuhairah *et al*. (2016: 118–119) uuringud, kus vastavalt spinati-kanakotlettides, *kelor* lehega kalapallides, leivapuu viljaga lihapallides ning spinati-, lilla kapsa-, porgandi-, paprika- ja austerserviku sisaldusega kanavorstides muudeti vaid liha ning konkreetsete taimsete lisandite koguseid. El-Anany *et al*. (2020) uuringus muudeti kananagitsates vaid kananaha ja lillkapsa koguseid, kasutades lillkapsast seega rasva asendajana (kana rinnafilee kogus jäi kõikide partiide lõikes samaks ehk 70% peale).

Carvalho *et al.* (2019: 1) koostatud uuringus sooviti teada saada, kuidas mõjutab spinati lisamine kuumtöötlemata kanaburgerikotlettidesse selle füüsikalis-keemilist koostist ja toiteväärtust. Selleks valmistati kolme erineva spinatisisaldusega burgeripihve. Nendeks oli kontrollpartii, milles spinat puudus, E10 partii, kuhu lisati 10% spinatit ning 90% kanaliha, ning E30 partii, mis sisaldas 30% spinatit ning 70% kanaliha.

Burgeripihvide pH-d mõõdeti otse pihvide seest, kasutades selleks digitaalset pH mõõdikut. On teada, et pH-sisaldus on tähtsal kohal, määramaks ära mikroorganismide kasvuintensiivsust tootes. Enamik mikroorganisme kasvavad kõige intensiivsemalt pH väärtusega 7 ning suurema pH väärtusega toodete võimalus riknemiseks on suurem ning neil on väiksem säilivusaeg. Pihvide värvust mõõdeti kolorimeetriga CIELAB värviruumis: heledust (L*), punasus-rohelisust (a*) ning kollasus-sinisust (b*). Pihvide niiskuse-, valgu- ning tuhasisaldust mõõdeti ISO soovituste järgi, lisaks mõõdeti rasva- ning süsivesikute ja NaCl sisaldust. Pihvide energiasisaldus saadi arvutuste teel, kus 1 g rasva annab 9 kcal ning 1 g valku ning süsivesikut annavad 4 kcal. (Carvalho *et al.* 2019: 3)

Tulemustest selgus, et kontrollpartii pH on 6,27, E10 6,25 ning E30 6,26 ($p > 0,05$). See annab aimu, et spinati lisamine kanaburgeripihvidesse ei avalda pH suhtes mingit märgatavat mõju. (Carvalho *et al.* 2019: 4) Seevastu Bhosale *et al*. (2011: 236) uuring näitas, et toore porgandi või küpsetatud bataadipüree lisamine kananagitsatesse teeb viimaseid happelisemaks (0 ja 15% toore porgandi sisaldusega küpsetatud nagitsate pH vastavalt 6,20 ja 5,99, bataadipüreega vastavalt 6,07 ja 5,92, $p < 0,05$). Põhjus võib seisneda selles, et tegu on happelisemate lisanditega kui spinat. Kõnealustele uuringutele vastupidise tulemuseni jõudis Syuhairah *et al*. (2016: 120) töö, kus kanavorstidesse lisati 30%, 40% või 50% spinatit, porgandit, paprikat, lillat kapsast või austerservikut. Selgus, et spinat suurendas vorstide aluselisust enam (6,51 pealt 6,64-ni) kui teised lisandid, mille lisamisega kõikus pH kontrollpartiile lähemal (näiteks 30, 40 ja 50%-lise porgandisisaldusega vorstide pH-d olid

vastavalt 6,53, 6,52 ja 6,49, võrreldes kontrollpartii 6,51-ga, $p < 0,05$). El-Anany *et al*. (2020: 56) uuringus, kus kananagitsates asendati kananahka külmutatud lillkapsaga, ei täheldatud erinevate segude (lillkapsalisandita kontrollpartii ning 5, 10, 15 ja 20% lillkapsasisaldusega tooted) pH-väärtuste vahel statistiliselt olulisi erinevusi ($p \geq 0,05$).

Arusaadavalt mõjutas spinati lisamine Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus pihvi värviparameetreid ($p < 0,001$). L*-väärtus kahanes kontrollpartii 57,77 pealt E30 43,35-ni. El-Anany *et al*. (2020: 56–57) uuringus kahanes samuti L*-väärtus lillkapsa lisamisega ning kananaha sisalduse vähenemisega – kontrollsegu 69,55 ning 15 ja 20% lillkapsa sisaldusega väärtused (vastavalt 64,90 ja 64,80) erinesid üksteisest statistiliselt oluliselt ($p \leq 0,05$). Seega järeldati, et toote heledus sõltub lisatud kananaha (ehk lisatud rasva) kogusest. Värviparameetri a*-väärtus langes Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus samuti spinatikoguse suurendamisega – kontrollpartii väärtuseks mõõdeti 11,81, E10 väärtuseks 1,53 ning E30 −3,50, viimane negatiivne väärtus vihjab spinati rohelisele värvusele. Neid tulemusi toetab ka Syuhairah *et al*. (2016: 122) uuringu spinativorstide tulemused. Samas, näiteks porgandivorstides tõusid a*- ja b*-väärtused märgatavalt, kus kontrollpartii ja 50% porgandisisaldusega vorstide tulemused olid vastavalt 1,36 ja 9,35 (a*) ning 18,85 ja 39,26 (b*). El-Anany *et al*. (2020: 56–57) uuringu 20% lillkapsa sisaldusega tooted näitasid statistiliselt oluliselt ($p \leq 0,05$) kõrgeimat a*-väärtust (keskmine näitaja 7,74, võrdluseks kontrollsegu 4,50). Värviparameetri b*-väärtused langesid Carvalho *et al*. uuringus spinati lisamisega samuti. Kontrollpartiil tuli näitajaks kõrgeim 45,33 ning E10 ja E30 olid vastavalt väärtusteks sarnased 22,47 ja 23,49 ($p < 0,001$). (Carvalho *et al*. 2019: 4) Võrreldes neid tulemusi Syuhairah *et al*. (2016: 122) tulemustega, on näha vastuolu, kuna viimase uuringus kasvatas spinati lisamine kanavorstidesse b*-väärtust 18,85-lt 24,85-ni ($p < 0,05$). Samas jällegi El-Anany *et al*. (2020: 56–57) töös ei tuvastatud erinevate segude b*-väärtuste vahel mingit statistiliselt olulist erinevust ($p \geq 0,05$). Carvalho *et al*. (2019) uuringu tulemusi ei kinnita ka Bhosale *et al*. (2011: 238) uuringu tulemused, kus kõikide värviparameetrite väärtused võrreldes kontrollpartiiga suurenesid (tingituna porgandi ja maguskartuli erinevast värvusest võrdluses spinatiga).

Zamora *et al.* (2017) uuringu eesmärgiks oli teada saada, kas kiudaineterikast *Artocarpus camansi*'t ehk leivapuu vilja on võimalik kasutada lihapallides taimse lisandina ning kuidas see mõjutab toote sensoorseid omadusi. Kiudained teadaolevalt aitavad kaasa seedimisele ning alandavad kolesteroolitaset. Seal on ka palju tärklist, valku, kaltsiumit, magneesiumit,

fosforit ning vähe rasva. See on ka fenoolsete ühendite rikas, mis on antioksüdatiivsed, antikantserogeensed ning põletikuvastase toimega.

Uuringu teostamiseks valmistati neli erinevat partiid lihapalle: kontrollpartii, kuhu leivapuu vilja ei lisatud; segu nr 1, mis koosnes 25% leivapuu viljast ning 75% veisehakklihast; segu nr 2, mis koosnes 50% viljast ja 50% veisehakklihast; segu nr 3, kuhu lisati 25% veisehakkliha juurde 75% leivapuu vilja. Seejärel uuriti tarbijate eelistusi, toote säilivusaega ning iga partii tootmiskulusid. (Zamora *et al.* 2017)

Tulemustest selgus, et kontrollpartii ning segu nr 1 välimuse poolest üksteisest väga ei erine. Samas, kui leivapuu vilja sisaldus tootes suurenes, läks värvus aina heledamaks ning segu nr 3 eelistati oma heleda värvuse poolest kõige vähem. Rääkides tarbijate eelistusest, siis parimaks tunnistati 25% leivapuu vilja sisaldusega toode ning vähim meeldis suurima viljasisaldusega lihapall. Samuti oli 75% taimse komponendi sisaldusega toode viimasel kohal maitse, tekstuuri ning järelmaitse poolest, kuid vahed segu nr 1 ning kontrollpartiiga olid nii väikesed, et põhjapanevaid järeldusi polnud mõistlik teha. Järeldati, et parimateks osutunud segu nr 1 ja kontrollpartii meeldisid inimestele seepärast, et kõnealused tooted meenutasid enim klassikalisi lihapalle nende „liharikka“ maitse poolest. Säilivuse uurimiseks asetati pallid 14 päevaks külmikusse (säilitustemperatuuri välja ei toodud). 8. kuni 10. päeval täheldati segus nr 3 värvi- ja tekstuurimuutusi, kuid maitse jäi samaks. 15. päevaks olid tooted eraldanud liialt niiskust ning tekstuurid muutusid vesisteks. Uuringus täheldati, et suurema leivapuu vilja kogusega tootmiskulud kahanesid. (Zamora *et al*. 2017) Toodetele antud sensoorsetes hinnangutes oli sarnast tendentsi märgata ka Bhosale *et al*. (2011: 237) uuringus, kus porgandi- ning bataadisisalduse kasvamisega nagitsas vähenes toote üleüldine meeldivus. Samas on siin erinevuseks see, et 5% taimsete lisandite sisaldusega tooted meeldisid testijatele vähem kui lisanditeta nagitsad, 10% köögiviljasisaldusega nagitsad tegid üldise meeldivuse ja värvi ning välimuse osas hüppe, saades parima tulemuse, ning 15% lisandi sisaldustega nagitsate tulemused olid kõige kehvemad. Autorid järeldasid ka, et kiudainete osakaalu suurenemine lihatoodetes võib olla tekstuuri parendav, kui kiud ja lihatootes sisalduv ekstraheeritud müosiin hakkavad üksteist vastastikku mõjutama. Uuringu tulemustest see välja ei tule, kuna köögiviljasisalduse suurenemisega muutus tekstuur maitsjatele vähem meeldivamaks, sama toimus maitsega ja isegi mahlasusega. Ka Minantyo *et al*. (2019: 266) uuringu tulemused näitasid, et *kelor* lehe sisalduse suurenemisega kalapallide vastuvõetavus ning muud organoleptilised omadused

vähenevad – eriti tugev langus toimus värvuse hinnangutes, veidi väiksemad langused olid lõhnas, maitses ja tekstuuris. Üldise vastuvõetavuse juures eelistati küll kontrollpartiid, kuid siiski olulist erinevust ei täheldatud ($p > 0,05$). Syuhairah *et al*. (2016: 123) vorstidest olid testijatele enim meeltmööda paprikaga, porgandiga ja austerservikuga vorstid, mis said isegi suurema üldise skoori kui kontrollpartii. Värvuse poolest oli selgelt vähim meeldivam lilla kapsaga lihatooted, mis said võrreldes kontrollpartii, paprika ja porgandiga vorstidega isegi kaks korda madalama meeldivustulemuse. Ka spinati roheline värvus mõjus negatiivselt. Kõnealuse uuringu tulemused teeb huvitavaks see, et tekstuuri poolest said kõik taimse sisaldusega vorstid kontrollpartiist kõrgema hinde, v.a 30% spinati- ning lilla kapsa sisaldusega tooted. Lõhna poolest said tugevaimad tulemused ilma taimsete lisanditeta, porgandiga ning austerservikuga vorstid. Kõige vähem meeldivama maitsega olid spinatilisandiga tooted, neist kaugele ei jäänud lilla kapsaga täiustatud vorstid. Kontrollpartiist maitsvamateks osutusid seejuures nii paprika, porgandi kui austerservikuga vorstid ning seda üpris veenvalt. El-Anany *et al*. (2020: 50–51) uuringus näitasid kõige madalamat välimuse hinnangut ($p \leq 0,05$) 20% külmutatud lillkapsa sisaldusega kananagitsad (9-punkti skaalal keskmine 7,50), kuid statistiliselt olulist erinevust ei tuvastatud kontrollpartii ning 5, 10 ja 15% lillkapsa sisaldusega nagitsate vahel. Sarnase põhimõttega tulemused tulid ka mahlasuse poole pealt, kus madalaimat mahlasuse keskmist näitas 20% lillkapsa sisaldusega nagits. Tekstuuri poole pealt näitasid statistiliselt oluliselt kõrgemat keskmist tulemust ($p \leq 0,05$) 15 ja 20% taimse lisandiga kananagitsad (keskmised tulemused 8,20). Sealjuures hinnati lillkapsata nagitsate tekstuuri meeldivus madalaimaks ($p \leq 0,05$, keskmine 7,81). 10, 15 ja 20% lisandiga nagitsate maitse tulemused üksteisest statistiliselt oluliselt ei erinenud, küll aga erinesid need kõrgeimad tulemused saavutanud kontrollpartiist ja 5% lillkapsaga nagitsatest ($p \leq 0,05$, kontrollpartii ja 5% lisandiga toote keskmised vastavalt 8,22 ja 8,14). Üleüldise meeldivuse juures ei täheldatud segude vahel statistiliselt olulisi erinevusi ($p \geq 0,05$), kuid parima hinde sai sellegipoolest kontrollpartii. Kõikides mainitud uuringutes osalesid maitsetestidel uuringuga mitteseotud isikud (Syuhairah *et al*. 2016: 120; Bhosale *et al*. 2011: 235; Minantyo *et al*. 2019: 264; El-Anany *et al*. 2020: 50–51).

Carvalho *et al*. (2019: 4) kontrollpartii burgerikotlettides oli kõrgeim rasvasisaldus ehk 7,49% ning mida enam spinatit lisati, seda väiksemaks rasvasisaldus muutus (E10 ja E30 vastavalt 6,48% ja 5,76%, $p < 0,001$). Sarnast tendentsi näitas ka Bhosale *et al*. (2011: 236) uuring, kus rasvasisaldus vähenes 15% porgandi- ja bataadipüree sisaldusega nagitsas

tavalise nagitsaga võrreldes vastavalt 8,03%-st 6,78%-ni ja 9,25%-st 7,50%-ni ($p < 0,05$). Ka El-Anany *et al*. (2020: 52–54) uuringus alanes lillkapsa lisamisega toote rasvasisaldus ($p \leq 0,05$) nii kuumtöödeldud kui -töötlemata toodetes (kuumtöötlemata ja -töödeldud toodete rasvasisaldused varieerusid vastavalt vahemikes 0,31–13,20% ja 6,85–20,31%). Tulemusi põhjendati lillkapsa madalama rasvasisaldusega (1,93 kuni 2,20%), võrreldes kananahaga (22,60 kuni 38,90%), mille kogust lillkapsa koguse tõstmisega vähendati. Kuumtöödeldud toodete kõrgem rasvasisaldus tooretega võrreldes tuleneb antud uuringu kuumtöötlemismeetodist – nagitsaid kuumtöödeldi fritüürides, mida tehes imab toode endasse rasva koguni kuni 40% toote massist. Oodatud tulemusena tuli Carvalho *et al*. (2019: 4) töös välja ka see, et suurema spinatikogusega väheneb valgusisaldus tootes (kontrollpartii 17,55% pealt E30 16,49% peale, $p < 0,001$) ning suureneb süsivesikute sisaldus (kontrollpartii 5,49% pealt E30 7%-le, $p < 0,001$). Ka Bhosale *et al*. (2011: 236) uuringus vähenes valgusisaldus nagitsates, süsivesikute sisaldust antud töös ei uuritud. El-Anany *et al*. (2020: 53–55) uuringus tõusis ka suurema lillkapsa kogusega toodete süsivesikute kogus ($p \leq 0,05$) ehk madalaimaid väärtuseid näitasid just taimse lisandita nagitsad (kuumtöötlemata tootes 4,62%, kuumtöödeldud 5,49%) ja kõrgeimaid suurima lisandikogusega kanalihatooted (toores nagitsas 9,43%, kuumtöödeldud 10,38%). Vastuolulise tulemuse andis Minantyo *et al*. (2019: 265) uuring, kus toore ilma *kelor* leheta piimakalast valmistatud lihapallide valgusisaldus oli 12,99%, 10% lehesisaldusega see kasvas 13,34%-ni ning siis hakkas jälle langema (15 ja 20 protsendilise *kelor* lehe sisaldusega valgusisaldused vastavalt 13,06% ja 12,85%). Keedetud pallide valgusisaldused aga lehe lisamisega vähenesid – 0% ja 20% lisandiga valgusisaldused vastavalt 12,99% ja 12,09%. Samas El-Anany *et al*. (2020: 52–53, 55) uuringus ei täheldatud ei tooretes ega ka kuumtöödeldud kananagitsates segude vaheliselt valgusisalduses statistiliselt olulisi erinevusi.

Samuti suurenes Carvalho *et al*. (2019: 4) poolt uuritud pihvides märkimisväärselt tuhasisaldus – E30 tuhasisaldus oli 2,12%, võrreldes kontrollpartii 2,05%-ga ($p < 0,001$). Võrdlusena Bhosale *et al*. (2011: 236) töös märgati kontrollseguga võrreldes märkimisväärset muutust ($p < 0,05$) 15% bataadisisalduse juures (0% ja 15% bataadisisaldusega toodete tuha väärtused vastavalt 3,73% ja 3,11%). El-Anany *et al*. (2020: 53, 55) töös suurenes samuti lillkapsa lisamisega toodete tuhasisaldused (tooretes toodetes näitas kõrgeimat tuhasisaldust (2,17%, $p \leq 0,05$) 20% lillkapsa sisaldusega nagits, madalaimat (1,68%) aga kontrollpartii). Kuumtöödeldud nagitsates suurenesid

tuhasisaldused, võrreldes toorete toodetega. Kuumtöödeldud erinevate lillkapsa sisaldustega segude tuhasisaldused olid kontrollsegust statistiliselt oluliselt kõrgemad ($p \leq 0,05$), kuid lisandiga toodete omavaheliste tuhasisalduste erinevused ei olnud statistiliselt olulised. Kuna spinat sisaldab 91,4% vett, suurenes selle lisamisega ka spinatipihvide niiskusesisaldus – kontrollpartii ning E30 väärtused vastavalt 67,25% ja 68,58% ($p < 0,001$) (Carvalho *et al*. 2019: 4). Sarnane suund oli ka kananagitsatega, kus 15% porgandi lisamine viis niiskusesisalduse 65,67% pealt 66,8% peale, bataadipüreega tulid samad näitajad vastavalt 62,82% ja 66,10% ehk mõju oli suurem kui porgandiga ($p < 0,05$) (Bhosale *et al*. 2011: 236). El-Anany *et al*. (2020: 52–54) uuringus ei leitud niiskusesisalduses statistiliselt olulisi erinevusi ($p \geq 0,05$) toorete 10, 15 ja 20% lillkapsa sisaldusega nagitsate vahel. Samas olid antud segude tulemused statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$) madalama lillkapsa sisaldusega toodetest (nt kontrollsegu 61,73% ja 20% lillkapsaga segu 66,08%), seega tõusis lillkapsa sisaldusega tootes ka selle niiskusesisaldus. Sama uuringu kuumtöödeldud nagitsates leiti niiskusesisalduste juures sarnaseid seoseid – suurem lillkapsa sisaldus tähendas ka tootes suuremat niiskusesisaldust ($p \leq 0,05$, nt kontrollsegu 51,74% (madalaim niiskusesisaldus) ja 20% lillkapsa sisaldusega segu 56,26% (kõrgeim niiskusesisaldus)). Suuremat niiskusesisaldust põhjendati lillkapsas sisalduvate kiudainete võimega siduda vett.

NaCl sisaldused spinatipihvides olid järgmised: 0,94% kontrollpartiis, 0,93% E10-s ning 0,87% E30-s. Seega kontrollpartii ja E10 üksteisest väga ei erinenud, kuid märkimisväärne erinevus ($p < 0,001$) tuli sisse võrreldes E30-ga. Samamoodi oodatud tulemuse tõi energiasisalduse määramine, kus kõrgeimat tulemust näitasid spinatita burgeripihvid ning madalaimat suurima spinati sisaldusega E30 pihvid (vastavalt 159,70 kcal/100 g ning 146,75 kcal/100 g, $p < 0,001$). (Carvalho *et al*. 2019: 4) Ka porgandi- ja bataadilisandiga kananagitsate ning lillkapsalisandiga kananagitsate energiasisaldused alanesid võrdluses kontrollpartiiga ($p < 0,05$) (Bhosale *et al*. 2011: 236; El-Anany *et al*. 2020: 53–55).

Minantyo *et al*. (2019: 265) tooretesse kalalihapallidesse *kelor* lehe lisamisega kiudainete protsentuaalne sisaldus vähenes (0% sisaldusega 0,78% kiudaineid, 20% lehesisaldusega 0,53% kiudaineid), keedetud pallides aga suurenes (vastavalt 0,78% ja 1,23%) ning erines toore lehega pallidest märgatavalt ($p < 0,05$). Bhosale *et al*. (2011: 236–237) uuringus aga olid tulemused vastupidised tooretele kalapallidele: mida enam porgandit või bataati kananagitsatesse lisati, seda enam suurenes nagitsate kiudainete sisaldus. Viimaseid tulemusi toetas ka El-Anany *et al*. (2020: 53–55) uuring, kus lillkapsa lisamine suurendas

oluliselt ($p \leq 0,05$) kananagitsate kiudainete sisaldust nii kuumtöötlemata kui -töödeldud toodetes (toorete ja kuumtöödeldud kontrollnagitsate kiudainete sisaldused vastavalt 0,92 ja 1,08% ning suurima ehk 20% lillkapsa sisaldusega toodetes vastavalt 3,78 ja 3,84%). Kiudainetele lisaks tõi Bhosale *et al*. (2011: 236–237) uuringus köögiviljalisandite viimine lihatootesse kaasa järsu β-karoteeni taseme tõusu. Nii porgand kui bataat sisaldavad sarnases koguses β-karoteeni (vastavalt 8234 ja 8517 µg/100 g). Sellest tulenevalt tõusis 15% porgandi- ja bataadisisaldusega nagitsa β-karoteeni sisaldus tavalisega võrreldes 0 µg grammis vastavalt 5,23 ja 5,11 µg-ni grammis.

Syuhairah *et al*. (2016: 120–121) uuringuga selgus, et nii erinevad köögiviljad kui ka nende erinevad sisaldused annavad vorstidele kuumtöötlemiskao vahemikus 2,43 kuni 2,77%, mis on vähem kui kontrollpartiiga (2,80%), kusjuures erinevate köögiviljade kuumtöötlemiskaod erinevad sama sisalduse osakaalu juures oluliselt ($p < 0,05$). Bhosale *et al*. (2011: 235–236) uuringus oli jällegi toote väljatulek suurem kontrollpartiidel, mis tähendab porgandi ja bataadisisaldusega toodetes suuremat kuumtöötlemiskadu (kõikide segude kuumtöötlemiskaod jäid vahemikku 1,03 kuni 3,57%), kuid samas ei ole antud erinevused statistiliselt olulised ($p > 0,05$). El-Anany *et al*. (2020: 56–57) uuringu tulemused näitasid, et lillkapsa lisamine kananagitsatesse toob kaasa suurema väljatuleku – lillkapsaga valmistatud nagitsate väljatuleku protsent on statistiliselt oluliselt suurem ($p \leq 0,05$) kui ilma taimse lisandita toodetel (madalaim väljatulek 93,44% ehk kõrgeim kuumtöötlemiskadu 6,56% tuvastati kontrollpartiil). Võimaliku põhjusena toodi välja, et lillkapsas sisalduvad taimsed kiud suudavad paremini niiskust ja lipiide tootes hoida.

Abdel-Naeem ja Mohamed (2016: 52–55, 58) uuringus valmistati kaamelilihast kotlette, millele lisati toodete õrnemaks tegemiseks 7% ingveriekstrakti (segu nr 1), 0,01% papaiini (segu nr 2) ning 5% ingveriekstrakti koos 0,005% papaiiniga (segu nr 3). Tulemusi võrreldi lisanditeta kontrollpartiiga. Töö eesmärgiks oli lisanditega parendada toote füüsikalis-keemilisi ja sensoorseid omadusi. Toodetele teostati tekstuurianalüüs, kasutades Warner-Bratzleri metoodikat. Selleks eemaldati toatemperatuurile jahutatud proovidest kuus puursüdamikku diameetriga 1,27 cm, mida lõigati ühe korra 55 kg koormuselemendiga ja terade liikumiskiirusega 200 mm/min. Igast südamikust saadi lõikejõu tugevus ning tulemused väljendati kuue lõike aritmeetilise keskmisena. Tulemustest selgus, et kõigil lisanditega kotlettidel oli lõiketugevused statistiliselt oluliselt madalamad ($p < 0,05$) kui kontrollpartiil. Kõige madalam lõiketugevus oli ingveri ja papaiini seguga tootel, sellele

järgnesid ainult papaiiniga kotletid ja neile omakorda ainult ingveriekstraktiga lihatooted. Kontrollpartii lõiketugevus oli ingveri ja papaiini seguga tootega võrreldes peaaegu kolm korda kõrgem (vastavalt 1,1 kg ehk 10,79 N ja 0,4 kg ehk 3,92 N).

Al-Juhaimi *et al*. (2020: 2, 4–5) uuringus sooviti hinnata ahvileivapuu ehk baobabi seemne ekstrakti (BSE) mõju toorete veiseburgeripihvide mikrobioloogilisele säilivusele. Valmistati neli erinevat kotletisegu (0, 1, 2 ja 3% BSE sisaldusega, mille lisamise arvelt vähendati vaid tootesse lisatava vee hulka), mille mikroobide üldarvu kogust määrati neljal erineval ajahetkel – valmistamise päeval ning 7., 14. ja 21. säilitamise päeval. Tulemustest selgus, et valmistamise päeva mikroobide üldarv oli ekstraktiga toodetes (1, 2 ja 3% segudes vastavalt 1,81, 1,52 ja 1,34 log pmü/g) oluliselt madalam ($p \leq 0,05$) kui ilma ekstraktita kontrolltootes (2,24 log pmü/g). Säilitamise käigus täheldati kõikidel segudel mikroobide üldarvu kasvu, eriti aga kontrollpartiil, mis 14. säilituspäevaks oli riknenud (>7 log pmü/g, 7. päeval 6,70 log pmü/g). Võrdluseks leiti 2 ja 3% baobabi seemne ekstrakti sisaldustega kotlettides 21. päeva mikroobide üldarvude sisaldusteks vastavalt 5,20 ja 4,78 log pmü/g, mis näitab, et BSE osakaalu suurendamine tootes parendas märkimisväärselt selle mikrobioloogilist säilivust. Hawashin *et al*. (2016: 33, 36–37) uuringus lisati tooretele veisepihvidele oliivõli pressimisjääke, eesmärgiga hinnata selle mõju kotlettide mikrobioloogilisele säilivusele. Selleks valmistati neli erineva koostisega segu – ilma lisandita kontrollpartii ning 2, 4 ja 6% oliivõli pressimisjäägi sisaldusega tooted, mille arvelt vähendati vaid taise liha osakaalu. Mõõtmised toimusid valmistamispäeval ning 7. ja 14. säilitamispäeval. Tulemustest selgus, et segude siseselt ja päevade üleselt erinesid mikroobide üldarvu hulgad märkimisväärselt ($p \leq 0,05$), kusjuures oliivilisandiga toodete mikroorganismide üldarv kasvas säilitamisega vähem (kõigi lisandiga pihvide mikroobide üldarv oli väiksem kui lisandita kotlettidel). Tulemusi põhjendati asjaoluga, et oliivõli pressimisjääk sisaldab mitmeid antimikroobseid ühendeid, lisaks hoidis see pH-d stabiilsemana (erinevalt kontrollpartiist, mille pH tugevasti langes, ilmselt põhjustatuna piimhappebakterite kasvu tugevnemisest). Eelnevates uuringutes on täheldatud ka lillkapsa inhibeerivat mõju *Listeria monocytogenes*'i kasvule (enim 15% lisandi hulgaga +5 °C temperatuuril säilitatuna, $p \leq 0,05$) põhjustatuna lillkapsa suurest polüfenoolisisaldusest, mis võimaldaks seda kasutada kuumtöödeldud lihatoodetes, et vähendada listerioosi riski (Sanz-Puig *et al*. 2015: 437–438). Lisaks on täheldatud lillkapsast valmistatud toorproteiiniekstrakti suuremat gram-negatiivsete mikroorganismide (nt *E. coli*) kasvu pärssivat mõju võrreldes gram-positiivsete mikroorganismidega ($p < 0,05$) (Hu *et al*. 2004: 592–594).

2. MATERJALID JA METOODIKA

2.1. Liha-köögiviljakotlet ja selle valmistamise tehnoloogia

Katsematerjalidena kasutati töö autori poolt välja töötatud retseptide alusel valmistatud liha-köögiviljakotlette. Valmistati neli erinevat segu: kontrollpartii (KP), kus köögivilju ei kasutatud, 10% köögiviljasisaldusega (10/90), 30% köögiviljasisaldusega (30/70) ning 50% köögiviljasisaldusega (50/50). Kotletid siiski täpselt 10%, 30% ja 50% köögivilju ei sisaldanud, kuna antud protsendid näitavad köögivilja ja seahakkliha protsentuaalset omavahelist jagunemist. Lisatavaks köögiviljaks valiti lillkapsas. Lillkapsa protsentuaalse osakaalu arvelt muudeti vaid sealiha sisaldust tootes, muud koostisosad jäid samaks. Sibulat käsitleti maitseköögiviljana, mille osakaal jäi kõikide retseptide lõikes samaks ehk 6%. Erinevates uuringutes kasutati eri protsentuaalseid köögiviljade ja lihatooraine jagunemisi, nt El-Anany *et al*. (2020) uuringus olid köögiviljade kogused 0%, 5%, 10%, 15% ja 20%, Carvalho *et al*. (2019) uuringus 0%, 10% ja 30%, Bhosale *et al*. (2011) uuringus 0%, 5%, 10% ja 15%, Syuhairah *et al*. (2016) uuringus 0%, 30%, 40% ja 50% ning Minantyo *et al*. (2019) uuringus 0%, 10%, 15% ja 20%. Lillkapsas valiti töös kasutamiseks sellel põhjusel, et see on kiudaineterikas köögivili. Lillkapsas leidub arvestataval hulgal vitamiine B_9 ning C. (Tervise Arengu Instituut 2020) Antud magistritöös kasutati retsepte, mis on välja toodud tabelis 5.

Tabel 5. Liha-köögiviljakotlettide retseptid

Tooraine	Sisaldus, %			
	KP	10/90	30/70	50/50
Sealiha 90/10	87,30	78,57	61,11	43,65
Lillkapsas	0	8,73	26,19	43,65
Sibul (toores)	6,00	6,00	6,00	6,00
Riivsai	3,00	3,00	3,00	3,00
Sool	1,30	1,30	1,30	1,30
Hernekiud	1,00	1,00	1,00	1,00
Nisukiud	1,00	1,00	1,00	1,00
E451 (trifosfaadid)	0,20	0,20	0,20	0,20
Ürdisegu	0,13	0,13	0,13	0,13
Must pipar	0,07	0,07	0,07	0,07
Kokku	100			

Märkused:
1. Sealiha 90/10 – lihaskoe sisaldus 90%, rasvasisaldus 10%.
2. Ürdisegu – ürdid (25%)(basiilik, piparrohi, pune, tüümian), punane paprika (25%), koriander, küüslauk, vürts, sibul.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Toote valmistamiseks kasutati sea abaliha 90/10 (tabel 5) (ettevõttelt Nõo Lihatööstus AS), mis peenestati hakklihamasinas (Kenwood Pro 2000 Excel, Suurbritannia) 3 mm restiavaga ning segati käsitsi hoolikalt läbi ühtlase segu moodustumiseni. Selleks, et kõikides seeriates oleks sama lihatooraine, jagati hakkliha portsjoniteks, pakendati vaakumpakendisse, vakumeeriti (Vision Pack Srl VP01, Packaging Factory Holding, Itaalia) ja seejärel sügavkülmutati −18 °C juures. Enne toodete valmistamist sulatati hakkliha külmikus +3 °C juures kahe ööpäeva vältel. Seejärel kaaluti vajalikud kogused hakkliha, riivsaia, sibulat, soola, herne- ja nisukiudu ning maitse- ja lisaaineid. Külmutatud lillkapsas (Rimi) hoiti kahe ööpäeva vältel −2 °C juures ning seejärel peenestati homogenisaatoris (Foss Tecator 2096 Homogenizer, Hilleroed, Taani) (kuni peene *brunoise* tükeldusstiilini ehk umbes 1,5 mm kuubikuteks) ning kaaluti vajalikud kogused. Sibul tükeldati peene *brunoise* tükeldusstiili järgi. Esmalt segati omavahel põhitoorained, seejärel lisati kuivained ning lisa- ja maitseained, sealjuures välditi massi ületöötlemist. Segust vormiti kotletivormi abil umbes 31 grammised kotletid (kotlettide diameeter 4,5 cm ja kõrgus 2 cm, kuumtöötlemata katsematerjalid on esitatud lisas 1 joonisel 4). Seejärel kuumtöödeldi kotlette eelsoojendatud ahjus Inoxtrend E1 CUA-107E (Via Serenissima, Itaalia) temperatuuril 145 °C umbes 15 minutit, kuni saavutati sisetemperatuur +75 °C (sisetemperatuuri muutused fikseeriti temperatuuri andmelogeriga, välja toodud lisas 2 joonisel 5) (Huber *et al*. 2016: 3045). Pärast kuumtöötlemist kotletid jahutati ühe tunni vältel +4 °C juures. Jahutatud kotletid (lisa

3 joonis 6) pakendati modifitseeritud atmosfääri (MAP, 70% N_2 ja 30% CO_2, Linde Gas AS, Eesti) pakendusseadmega Vision Pack Srl VP01 (Packaging Factory Holding, Itaalia) ning pakendatud katsematerjali säilitati kuni katsepäevade lõpuni (koos 0. päevaga 15 päeva) temperatuuril +3 °C, osa toodete partiist sügavkülmutati temperatuuril −18 °C.

2.2. Liha-köögiviljakotleti füüsikalis-keemiliste näitajate määramine

Liha-köögiviljakotletist määrati pH-väärtus, välis- ja lõikepinna värvus, vee aktiivsus, niiskusesisaldus. Lisaks määrati ka toote valgu-, tuha-, rasva-, kiudainete ja süsivesikute sisaldused ning hinnati kotleti sensoorseid omadusi, määrati mikroorganismide üldarv, arvutati kuumtöötlemiskadu ja teostati tekstuurianalüüs. Füüsikalis-keemilised analüüsid teostati Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli lihalaboris ning söötmisteaduse õppetooli sööda ja ainevahetuse uurimise laboris kolmes seerias vahemikus veebruar–märts 2021. Kotlettidele teostatavad analüüsid ning vastavad analüüsipäevad on välja toodud järgnevas tabelis 6.

Tabel 6. Kotlettidele teostatud analüüsid ning vastavad analüüsipäevad

Mõõdetav parameeter	0. päev	1. päev	4. päev	8. päev	15. päev	Sügavkülm
pH	x	x	x	x	x	x
Värvus		x	x	x	x	x
Vee aktiivsus (a_w)		x	x	x	x	x
Niiskusesisaldus (w)	x	x	x	x	x	
Valgusisaldus	x	x			x	
Tuhasisaldus (w_a)	x	x				
Rasvasisaldus	x	x			x	
Kiudainete sisaldus		x				
Süsivesikute sisaldus		x				
Sensoorika		x		x	x	x
Kuumtöötlemiskadu	x					
Tekstuurianalüüs		x	x	x	x	x
Mikroobide üldarv	x		x	x	x	

Tabelist 6 on näha, et 1. analüüsipäeval mõõdeti/arvutati kõiki näitajaid v.a kuumtöötlemiskadu ja mikroobide üldarvu (kuumtöödeldud toodete tuha-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused leiti arvutuslikult, kirjeldatud peatükkides 2.2.7.–2.2.9.). Kotlettide

valmistamise päeval mõõdeti kuumtöötlemata toote pH-d, niiskuse-, valgu-, rasva- ja tuhasisaldusi, mikroobide üldarvu (viimast nii kuumtöötlemata kui ka -töödeldud tootes) ning arvutati kuumtöötlemiskadu. Lisaks sellele osa tooteid ka sügavkülmutati. Sügavkülmutatud toodetes mõõdeti pH-d, värvust, vee aktiivsust ja teostati tekstuurianalüüs ning sensoorne analüüs. Vastavad mõõtmised viidi sügavkülmutatud toodetel läbi 22. ja 24. märtsil 2021. Sensoorset analüüsi teostati ühe seeriaga.

Lisaks toodetele teostatud analüüsidele mõõdeti ka põhitooraine ehk hakkliha pH-d ning valgu-, rasva-, niiskuse- ja tuhasisaldusi. Lillkapsal mõõdeti pH-d ja valgu-, niiskuse-, tuha- ja kiudainete sisaldusi.

2.2.1. pH-väärtus

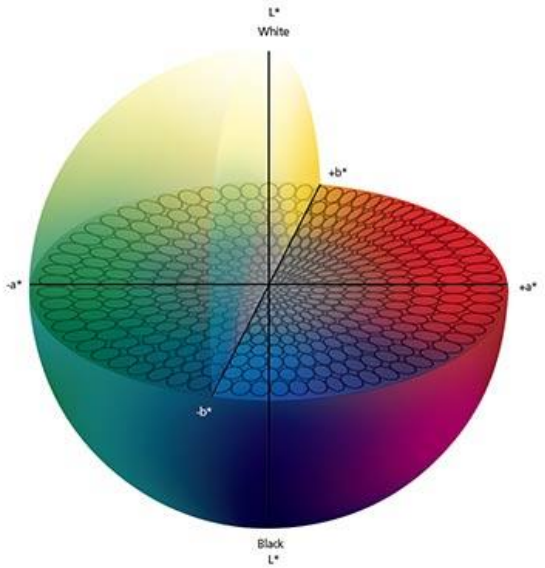
Liha-köögiviljakotleti pH-väärtuse määramiseks kasutati pH-meetrit Testo 205 (Testo SE & Co. KGaA, Saksamaa). Selleks segati 5 grammi kuumtöödeldud jahutatud, peenestatud toodet või kuumtöötlemata toodet 45 ml destilleeritud veega ja jäeti 30 minutiks seisma, vahepeal segades. Pärast 30 minuti möödumist filtreeriti saadud vedelik, kasutades Munktell filterpaberit (diameeter 90 mm, baasmass 84 g/m^2). Iga proovi vedelikust mõõdeti pH väärtus kolm korda, millest leiti keskmine. Enne mõõtmisi kalibreeriti pH-meeter puhverlahustega standardväärtustel 4,0 ja 7,0. Mõõtmiste vahel pesti elektroodid ettevaatlikult veega ning loputati destilleeritud veega, et vältida mõõtevigade teket. Seejärel kuivatati seade kergelt paberkäterätikuga tupsutades. (Testo 2004: 10)

2.2.2. Värvus

Liha värvuse mõõtmiseks kasutati kolorimeetrit X-Rite 964 (Grand Rapids, MI, USA). Sellega määrati kotleti värvus CIELAB-süsteemis, kus L* on heledus, a* tähistab punasus-rohelisust ning b* väljendab proovi kollasus-sinisust.

X-Rite 964 seade määrab proovi heledust L*, kus 0 = must ning 100 = valge, punasus-rohelisust a*, kus rohelisus on −a* ja punasus +a*, ning kollasus-sinisust b*, kus sinisus on

−b* ja kollasus on +b* (Warriss 2000: 237–238). Kalibreerimine teostati mustal ja valgel pinnal, kasutatud illuminant D_{65}, nurk 10° (Schmiele *et al*. 2015: 107). CIELAB värvisüsteem on esitatud joonisel 1.



Joonis 1. CIELAB värvisüsteem (Mouw 2018).

Mõõtmised teostati igal kotletil kolmes erinevas kohas eelnevalt kalibreeritud kolorimeetriga nii välis- kui lõikepinnal (Zahid *et al*. 2020: 3). Tulemuste esitamiseks leiti keskmised väärtused.

2.2.3. Vee aktiivsus

Liha-köögiviljakotlettide vee aktiivsust (a_w) määrati AQUALAB Model Series 3 TE seadmega (Decagon Devices, Inc., Washington, USA). Vee aktiivsus näitab, kui palju on tootes vaba vett, mida nt mikroorganismid saavad kasvuks kasutada. See näitab toote kohal oleva vee auru rõhu ja destilleeritud vee auru rõhu suhet, mis valemina väljendub järgmisena (Rei 2004: 130):

$$a_w = \frac{vee\ auru\ rõhk\ toote\ kohal\ (Pa)}{destilleeritud\ vee\ auru\ rõhk\ (Pa)}. \qquad (2.1.)$$

Mida kõrgem on liha(toote) vee aktiivsus, seda sobivam on see mikroorganismide arenguks. Kuivatatud toote vee aktiivsus on madalam, seega säilivad need töötlemata toorainest paremini.

Vee aktiivsuse mõõtmiseks võeti igast partiist kolm proovi ning asetati need ükshaaval AQUALAB seadmesse. Iga partii mõõtmisega saadi kolm väärtust. Tulemuste esitamiseks arvutati keskmine väärtus.

2.2.4. Niiskusesisaldus

Liha-köögiviljakotleti niiskusesisaldust (w) määrati vastavalt Eesti Vabariigi standardile EVS-ISO 1442:1999 Liha ja lihatooted „Niiskusesisalduse määramine (põhimeetod)“, tulemused väljendati massiprotsentides. Selleks segati analüüsitav proov põhjalikult liivaga ning kuivatati konstantse massini temperatuuril 103±2 °C. Pärast jahutamist leiti proovi kaalukadu. (EVS-ISO 1442:1999)

Esmalt proov homogeniseeriti, kasutades seadet Retsch GM200 (Retsch GmbH & Co, Haan, Saksamaa). Proovi homogeniseerimine toimus umbes 1 minuti vältel 6000 pöörde juures. Lahtised liiva ja klaaspulgaga büksid asetati kuivatuskappi Binder FED115 (Binder GmbH, Tuttlingen, Saksamaa) ning kuivatati 103±2 °C juures konstantse massini. Eksikaatoris jahutatud büks koos liiva ja klaaspulgaga kaaluti täpsusega 0,001 g. Seejärel võeti 5–8 g homogeniseeritud uuritavat proovi ning lisati see büksi, büks koos selle sisu ning klaaspulgaga kaaluti täpsusega 0,001 g. Büksi sisu segati klaaspulgaga, et mass oleks ühtlane. Lahtine anum koos sisu ning klaaspulgaga asetati kolmeks tunniks kuivatuskappi 103±2 °C juurde. Pärast seda jahutati kinnist büksi koos proovi, liiva ja klaaspulgaga eksikaatoris ning kaaluti täpsusega 0,001 g. Seeriasiseselt paralleelmõõtmisi ei teostatud. (EVS-ISO 1442:1999)

Niiskusesisalduse leidmiseks arvutati see massiprotsentides, kasutades valemit (EVS-ISO 1442:1999):

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100, \qquad (2.2.)$$

kus m_0 – büksi mass koos klaaspulga ja liivaga g;

m_1 – büksi mass koos katsekoguse, liiva ja klaaspulgaga enne kuivatamist g;

m_2 – büksi mass koos katsekoguse, liiva ja klaaspulgaga pärast kuivatamist g.

2.2.5. Valgusisaldus

Liha-köögiviljakotleti valgusisaldust määrati vastavalt Eesti Vabariigi standardile EVS-ISO 937:1978 „*Meat and meat products – Determination of nitrogen content (Reference method)*“ ehk Kjeldahl'i meetodi abil. Selleks analüüsitavat proovi põletati kontsentreeritud väävelhappega, sealjuures kasutati katalüsaatorina vask (II) sulfaati, et viia orgaaniline lämmastik ammooniumioonideks. Järgnevalt lisati leelis, destilleeriti gaasiline ammoniaak boorhappe lahusesse ning tiitriti soolhappega, et leida proovi lämmastikusisaldus. Leidmaks proovi valgusisaldus, korrutati see proteiini faktoriga 6,25. Saadud tulemused väljendati massiprotsentides. (EVS-ISO 937:1978)

Esimesena homogeniseeriti proov seadmes Retsch GM200 20 sekundit 6000 p/min. Liha-köögiviljakotleti valgusisalduse leidmiseks kaaluti 1,5–2 g homogeniseeritud uuritavat proovi täpsusega 0,001 g rasvakindlale paberile, paber koos prooviga viidi põletuskolbi. Kolbi lisati kaks Kjeltabs tabletti ning 14 ml kontsentreeritud H_2SO_4. Seejärel asetati restis asuvad põletuskolvid koos proovi, Kjeltabs tablettide ning väävelhappega 60 minutiks põletusplokki temperatuuriga 420 °C. Enne iga analüüsiseeria algust viidi FOSS Kjeltec 2300 automaatse valgu analüsaatoriga läbi tiitrimise tühikatse. Põletuskolb koos sinakasrohelise vedelikuga asetati väga ettevaatlikult tangidega Kjeltec 2300 automaatsesse valgu analüsaatorisse, kus proovi lahjendatakse automaatselt 80 ml destilleeritud veega ning lisatakse 50 ml 40% NaOH lahust. Seejärel destilleeriti eralduv ammoniaak veeauruga 30 ml 1% boorhappelahusesse ja tiitriti standardiseeritud 0,2 N HCl lahusega. Seeriasiseselt paralleelmõõtmisi ei teostatud. (EVS-ISO 937:1978)

Kjeltec 2300 automaatne valgu analüsaator arvutab lämmastikusisalduse massiprotsentides, kasutades järgmist valemit (EVS-ISO 937:1978):

$$Lämmastik\ (\%) = \frac{(T-B)\times N\times 14{,}007\times 100}{proovi\ mass\ (mg)}, \qquad (2.3.)$$

kus B – tühikatse tiitrimiseks kulunud 0,2 N HCl lahuse hulk ml;

N – titrandi kontsentratsioon (N) täpsusega neli kohta pärast koma;

T – proovi tiitrimiseks kulunud 0,2 N HCl lahuse hulk ml.

Liha-köögiviljakotleti valgusisalduse leidmiseks kasutati järgnevat valemit (tulemus ümardati täpsusega 0,01%) (EVS-ISO 937:1978):

$$Valk\ (\%) = Lämmastik(\%) \times F, \qquad (2.4.)$$

kus F – proteiini faktor (liha puhul F = 6,25).

2.2.6. Rasvasisaldus

Proovide rasvasisaldust määrati Gerberi meetodiga. Meetodi põhimõte seisneb selles, et proovis sisalduvad lihavalgud sadestatakse lahjendatud väävelhappega. Seejärel eraldatakse rasv isoamüülalkoholi abil tsentrifuugimisel Funke Gerberi tsentrifuugis. (Klettenberg 2013) Tulemused väljendatakse massiprotsentides.

Proovid võeti kotlettidest ning homogeniseeriti ühtlaseks massiks. Katseks on vaja umbes 2,5 g proovi. Butüromeetrisse mõõdeti 10 ml väävelhapet, sinna lisati ka 2,5 g ettevalmistatud proovi. Seejärel lisati 1 ml isoamüülalkoholi ja 5 ml väävelhapet. Butüromeeter sulgeti, keerutati 2–3 korda ümber ning hoiti 45 minutit vesivannis 65 °C juures. Segu ühtlustumise järgselt viidi see tsentrifuugi (pannes selle gradieeritud osad sümmeetriliselt tsentri poole) ning tsentrifuugiti 20 min kiirusega 1000–1200 p/min. Seejärel viidi butüromeeter vesivanni soojenemisele, kork allpool. Pärast 10 minutit loeti skaalalt rasvanivoo kõrgus. Korgi liigutamisega viidi rasva alumine nivoo butüromeetri skaala nullini. Seejärel loeti tulemus alumise meniski järgi skaala väikseima jaotise täpsusega. (Klettenberg 2013) Seeriasiseselt paralleelmõõtmisi ei teostatud.

Liha-köögiviljakotleti rasvasisalduse leidmiseks kasutati järgnevat valemit (tulemused esitati massiprotsentides ning ümardati täpsusega 0,01%) (Klettenberg 2013):

$$Rasva\% = \frac{5 \times näit}{proovi\ kaal\ (g)}, \qquad (2.5.)$$

kus näit – loetud rasva nivoo kõrgus.

2.2.7. Tuhasisaldus

Kuumtöötlemata liha-köögiviljakotleti tuhasisaldus (w_a) määrati vastavalt ISO 936:1998 „*Meat and meat products – determination of total ash*“ standardile. Saadud tulemused väljendati massiprotsentides. Põhimõte seisneb selles, et analüüsitavat proovi kuivatatakse, karboniseeritakse ja tuhastatakse 550±25 °C juures. Pärast jahutamist leitakse jäägi mass. (ISO 936:1998)

Esimesena proov homogeniseeriti seadmes Retsch GM200 20 sekundit 6000 p/min. Portselantiigel asetati muhvelahju Nabertherm ning põletati 20 minutit 550±25 °C juures konstantse massini. Seejärel lasti tiiglil eksikaatoris jahtuda ning kaaluti täpsusega 0,001 g. Varem homogeniseeritud massist asetati 1,5–2 g proovi ettevalmistatud tiiglisse ning tiigel koos sisuga kaaluti täpsusega 0,001 g. Järgnevalt asetati tiigel koos sisuga jahedasse muhvelahju ning tõsteti temperatuuri aeglaselt kuue tunni jooksul kuni 550±25 °C. Seejärel jätkati tuhastamist temperatuuril 550±25 °C, kuni saadi hallikas-valge tuhk. Tiigel viidi ettevaatlikult eksikaatorisse jahtuma, vältimaks tuha kadusid. Pärast jahtumist kaaluti see täpsusega 0,001 g. (ISO 936:1998) Seeriasiseselt paralleelmõõtmisi ei teostatud.

Liha-köögiviljakotleti tuhasisalduse leidmiseks kasutati järgmist valemit (tulemused esitati massiprotsentides ning ümardati täpsusega 0,01%) (ISO 936:1998):

$$w_a(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100, \qquad (2.6.)$$

kus m_0 – tühja tiigli mass g;

m_1 – tiigli mass koos katsekogusega enne tuhastamist g;

m_2 – tiigli mass koos tuhaga g.

Kuumtöödeldud liha-köögiviljakotleti tuhasisaldus (y%) leiti arvutamise teel, arvestades konkreetse segu kuumtöötlemiskadu (viimase arvutamise metoodika on kirjeldatud peatükis 2.2.10.). Selleks kasutati järgmist valemit:

$$y = \frac{w_a \times (100 + X)}{100}, \qquad (2.7.)$$

kus w_a – konkreetse segu kuumtöötlemata kotleti tuhasisaldus %;

X – konkreetse segu kuumtöötlemiskadu %.

2.2.8. Kiudainete sisaldus

Lillkapsa toorkiu sisaldust määrati Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmisteaduse õppetooli sööda ja ainevahetuse uurimise laboris. Kiudainete sisaldus leiti vastavalt standardile AOAC *Official Method* 978.10 „*Fiber (Crude) in Animal Feed and Pet Food*“ (AOAC 2016).

Esmalt ekstraheeriti 2 g purustatud proovi eetriga. Seejärel lisati 200 ml keemise äärel olevat väävelhapet (H_2SO_4). Keeduklaasid asetati 5 minutiliste intervallidega keema täpselt 30 minutiks. Seejärel pesti proovi 1,25% NaOH-ga ning lahust kuumutati uuesti 30 minutit. Järgmisena proov filtreeriti ja pesti 1,25% väävelhappega ja kuuma veega. Filtraat kuivatati temperatuuril 110 °C, kuni saavutati stabiilne mass, ning mõõdeti kiudainete sisaldus. Tulemused esitati massiprotsentides.

Toodete kiudainete sisaldused leiti arvutuslikul teel. Teades lillkapsa, hernekiu (lisa 4 joonis 7), nisukiu (lisa 5 joonis 8) ja riivsaia (arvestati märgistuse infot) kiudainete sisaldust 100 grammis, leiti viimaste hulk kõigis neljas segus.

2.2.9. Süsivesikute sisaldus

Kuumtöödeldud kotlettide süsivesikute sisaldused leiti, lahutades 100%-ist vastavad tuha, valgu, rasva ja niiskuse väärtused. Tulemused väljendati massiprotsentides.

2.2.10. Kuumtöötlemiskadu

Kotlettidel mõõdeti kuumtöötlemiskadu (%). Selleks kaaluti tooted nii kuumtöötlemiseelselt kui -järgselt ning kaalukadu väljendati protsentides. Kuumtöödeldud tooted jahutati enne kaalumist +4 °C ruumis 20 minutit. Kotlettide kuumtöötlemiskadu ehk kaalude suhtelist muutu väljendatakse järgneva valemiga:

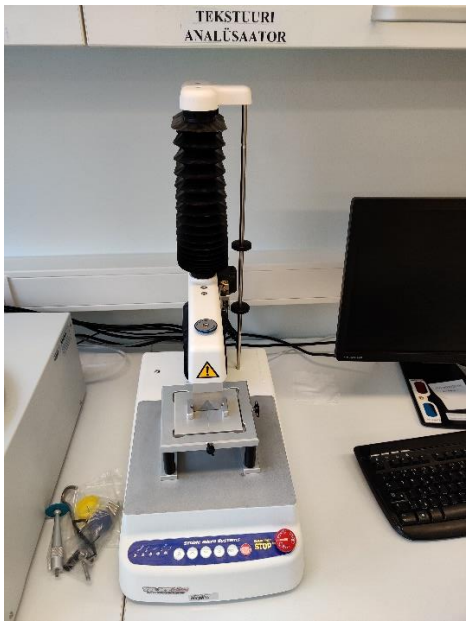
$$X = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \times 100, \qquad (2.8.)$$

kus x_1 – kotleti kaal kuumtöötlemiseelselt g;

x_2 – kotleti kaal kuumtöötlemisjärgselt g.

2.2.11. Tekstuurianalüüs

Kotlettidele teostati tekstuurianalüüs, kasutades Warner-Bratzleri meetodit. Analüüsid teostati kuumtöödeldud ja +3 °C-ni jahutatud kotlettidele. Warner-Bratzleri meetodiga mõõdetakse, kui palju jõudu (N) peab rakendama, et katsealust proovi lõigata (Ruiz de Huidobro *et al*. 2005: 529). Lõikejõu mõõtmiseks kasutati tekstuurianalüsaatorit TA.XTplus (Godalming, Inglismaa) (joonis 2).



Joonis 2. Tekstuurianalüsaator TA.XTplus (foto: Põlluäär, T.).

Tekstuurianalüüsi teostamiseks asetatakse proov alusele ning spetsiaalne tera lõikab sellest konstantse kiirusega läbi (liikumiskiirus 120 mm/min), mõõtes samal ajal jõudu, mida tera rakendama peab, et proov läbistada. Warner-Bratzleri lõiketera peab vastama järgnevalt välja toodud nõuetele:

- tera paksus 1,016 mm;
- V-kujuline lõiketera (60° nurk);

- lõiketera servad on poolümarad;
- V-kujulise tera nurk peab olema kumer 2,363 mm läbimõõduga kolmveerandring;
- lõiketera juhtpilud peavad olema 2,0828 mm laiad. (Ruiz de Huidobro *et al*. 2005: 529; Põldvere, Tänavots 2021a)

Esmalt võeti kuumtöödeldud ning jahutatud kotlettidest 1,27 cm diameetrise toruga viis silindrikujulist proovi (kaks tk ühest kotletist, kolm tk teisest kotletist). Järgmisena asetati ette valmistatud proov alusele, tera asetati paika ning seade käivitati (terade liikumisdistants 20 mm). Tulemus fikseeriti ja igast partiist teostati üheksa mõõtmist (Ruiz de Huidobro *et al*. 2005: 529).

Tulemused saadi njuutonites (N). Tulemuseks on lõikepunkt ehk väärtus, milleni jõudmisel algab proovi purustamine (Ruiz de Huidobro *et al*. 2005: 529). Lõpptulemuse saamiseks arvutati kõikide mõõtmiste aritmeetilised keskmised.

2.3. Liha-köögiviljakotleti mikrobioloogiline analüüs

Kõikidele katsepartiidele teostati mikrobioloogilised analüüsid, kus määrati toodetes mikroobide üldarv. Analüüsid teostati Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli mikrobioloogia laboris. Mikroorganismide üldarvu määramiseks kasutati üldarvu söödet (Milk Plate Count Agar, Acumedia, Neogen Culture Media). Mikroobide üldarvu määramiseks kasutati EVS-EN ISO 4833-1:2013 standardit, esialgsed suspensioonid valmistati, lähtudes standardist ISO 6887-2:2017.

Mikrobioloogilise analüüsi läbiviimiseks lõigati kuumtöötlemata või -töödeldud kotletist aseptiliselt 10 g proovi, mis homogeniseeriti, kasutades seadet Stomacher 400 Circulator (Seward Ltd., Suurbritannia). Steriilsesse homogeniseerimiskotti lisati 90 ml füsioloogilist lahust ja 10 g proovi ning seda töödeldi seitse minutit 300 rootoripööret minutis (rpm). Valmistati kümnendlahjenduste rida 10^{-4} lahjenduseni. Selleks pipeteeriti 1 ml homogeniseeritud lahust katsutisse, mis sisaldas 9 ml füsioloogilist lahust, ning saadi 10^{-2} lahjendus. Pipeti abil segati 10^{-2} olev lahus läbi, et lahus ühtlaselt ära jaotuks. Sarnaselt toimiti ka 10^{-3} ja 10^{-4} lahjenduste puhul.

Valmistatud kümnendlahjendustest (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} ja 10^{-4}) teostati paralleelkülvid süviskülvi meetodil üldarvu söötmetele. Selleks pipeteeriti 1 ml proovi steriilsetele Petri tassidele, millele lisati ~ 50 °C agarsöödet ning mis seejärel ettevaatlikult ringikujulisi liigutusi tehes läbi segati ning tarduda lasti. Külve inkubeeriti aeroobsetes tingimustes temperatuuril 30 °C kuni 72 tundi.

Mikroobide üldarvu määramiseks proovides loendati inkubeeritud külvitassidel pesa moodustavate ühikute arv ning tulemused arvutati vastavalt valemile:

$$N = \frac{\sum a}{V \times n \times d}, \qquad (2.9.)$$

kus d – lahjendusfaktor;

n – plaatide arv (paralleelkatses);

N – mikroobide arv grammis;

V – plaadile külvatud lahjendusvedeliku kogus milliliitrites;

Σa – kahel plaadil loetletud tüüpiliste kolooniate summa.

Tulemused väljendati kümnendlogaritmituna pesa moodustavate ühikutena grammis (log pmü/g). Loendamisel peeti optimaalseks pesa moodustavate ühikute arvuks söötmetassidel 30–300 pmü.

2.4. Sensoorne hindamine

Toote sensoorseks hindamiseks viidi läbi kvantitatiivne kirjeldav uuring. Assessorid hindasid toote välimust, lõikepinna värvust, lõhna, maitset, tekstuuri, mahlasust ning üldist meeldivust vastavalt väljatöötatud sensoorse hindamise lehele (lisa 6). Hindamine toimus 9-punktilisel hedoonilisel skaalal, kus hinded on vahemikus „absoluutselt ei meeldi“ ja „suurepärane“ (1 = absoluutselt ei meeldi, 2 = väga ei meeldi, 3 = ei meeldi, 4 = kergelt ei meeldi, 5 = neutraalne, 6 = kergelt meeldib, 7 = meeldib, 8 = väga meeldib, 9 = suurepärane) (El-Anany *et al*. 2020: 50).

Hindamise läbiviimiseks moodustati valim, mis ideaalseimate tulemuste saamiseks peaks olema kõikidel analüüsipäevadel sama. Hindamiseks koostati üheselt mõistetav hindamisleht. Sensoorseid analüüse teostati kolmanda seeria 1., 8. ja 15. päeval (vastavalt

16., 23. ja 30. märtsil 2021), lisaks ka ühe seeria sügavkülmutatud toodetel (24. märtsil 2021). Sensoorsele hindamisele eelnevalt soojendati kotlette mikrolaineahjus (Moulinex Micro-Chef) kaks minutit võimsusel 750 W. Hindamistulemused esitati keskmistena.

2.5. Statistiline analüüs

Kuna erinevaid tunnuseid tooretel ja kuumtöödeldud toodetel mõõdeti erineval arvul katsepäevadel ja erineval arvul kordustel, moodustati andmete statistiliseks analüüsiks MS Excelis eraldi andmetabelid toorete ja kuumtöödeldud toodete erinevas korduses registreeritud omaduste tarvis (kokku 10 erinevat andmetabelit). Täiendavalt moodustati kuumtöödeldud toodete omaduste omavaheliste seoste uurimiseks ühtne andmetabel, kuhu arvutati sama segu, ajahetke ja katseseeria korduvatest mõõtmistest keskmised ning lisati sinna ühekordselt mõõdetud näitajate väärtused.

Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati üldiseid lineaarseid mudeleid, millega toorete toodete analüüsil hinnati segu mõju, kuumtöödeldud toodete analüüsil segu ja ajahetke mõju ning segu ja ajahetke koosmõju. Kõigis mudelites võeti arvesse ka katseseeria juhuslik efekt (viimane võimaldab arvestada samas katseseerias sooritatud mõõtmiste võimaliku korreleeritusega). Erinevate segude paarikaupa võrdlemiseks ning kuumtöödeldud toodete puhul ka erinevate ajahetkede ning ajahetkede ja segude kombinatsioonide paarikaupa võrdlemiseks kasutati Tukey *post-hoc* testi. Kuumtöödeldud toodete erinevate omaduste omavaheliste seoste uurimiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi, kus nõrgaks seoseks loeti $|r| \leq 0{,}30$, keskmise tugevusega seoseks $0{,}30 < |r| < 0{,}70$ ja tugevaks seoseks $|r| \geq 0{,}70$.

Mikroobide üldarvu analüüsiti logaritmilisel skaalal, teisi tunnuseid mõõdetud skaalal. Tulemused loeti statistiliselt oluliseks $p \leq 0{,}05$ korral. Kõik statistilised analüüsid viidi läbi statistikapaketis R v4.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Viin, Austria).

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1. Hakkliha ja lillkapsa füüsikalis-keemiliste näitajate tulemused

Toodete valmistamiseks kasutatud põhitoorainetest (seahakkliha ja lillkapsas) määrati samuti erinevaid füüsikalis-keemilisi näitajaid, nagu pH, valgu-, rasva-, niiskuse-, tuha- ja kiudainete sisaldus. Vastavad tulemused on välja toodud järgnevas tabelis 7.

Tabel 7. Toodete valmistamiseks kasutatud seahakkliha ja lillkapsa füüsikalis-keemilised näitajad

	Hakkliha	Lillkapsas
pH	6,08	6,91
Valk, %	18,94	1,53
Rasv, %	10,50	–
Niiskus, %	69,41	94,60
Tuhk, %	1,00	0,48
Kiudained, %	–	0,55

Märkus. Tähistus „–„ näitab, et antud näitajat konkreetsel toorainel ei mõõdetud.

Tabelis 7 on näha, et hakkliha pH-väärtuseks mõõdeti keskmiselt 6,08. Liha valgusisaldus oli umbes 19%, rasvasisaldus 10,5% ning niiskusesisaldus veidi alla 70%. Hakkliha tuhasisalduseks tuli 1%. Lillkapsa kui taimse tooraine niiskusesisaldus on väga kõrge – koguni 94,6%. Viimase kiudainete osakaaluks saadi vaid 0,55%, mis võrreldes Tervise Arengu Instituudi andmetega, mis on välja toodud käesolevas töös tabelis 3, on koguni peaaegu neli korda madalam. Lillkapsa tuha- ning valgusisaldused olid madalamad kui hakklihal (näitajad vastavalt 0,48 ja 1,53%), pH-väärtus aga aluselisem (6,91).

3.2. Liha-köögiviljakotleti füüsikalis-keemiliste näitajate tulemused

3.2.1. Kuumtöötlemata toodete valgu-, rasva-, tuha- ja niiskusesisaldused, pH-väärtus ja kuumtöötlemiskadu

Toodete valmistamise päevadel mõõdeti kuumtöötlemata kotlettide rasva-, valgu-, tuha- ning niiskusesisaldusi, sellele lisaks pH-väärtust ja leiti ka erinevate segude kuumtöötlemiskaod. Vastavad tulemused on välja toodud tabelis 8.

Tabel 8. Kuumtöötlemata toodete omadused erinevate segude korral

Tunnus	KP	10/90	30/70	50/50	SE	p_{Segu}
pH	6,26 ^{A}	6,29 ^{A}	6,37 ^{B}	6,44 ^{C}	0,038	<0,001
Valk, %	16,70 ^{A}	14,80 ^{A}	11,60 ^{B}	8,90 ^{C}	0,44	<0,001
Rasv, %	9,75 ^{A}	8,25 ^{B}	7,15 ^{B}	4,56 ^{C}	0,24	<0,001
Tuhk, %	2,48 ^{A}	2,36 ^{AB}	2,31 ^{AB}	2,14 ^{B}	0,052	<0,001
Niiskus, %	66,40 ^{A}	69,50 ^{B}	72,90 ^{C}	77,70 ^{D}	0,30	<0,001
Kuumtöötlemiskadu, %	12,30	12,30	15,00	14,40	1,05	0,110

Märkused:
1. Samas reas ülaindeksis sama suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$; Tukey *post-hoc* test), vastavate tähtede puudumine tähendab statistiliselt oluliste erinevuste puudumist.
2. Suurus SE on segude keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Tabelis 8 kajastuvad andmed näitavad, et kõikide mõõdetud näitajate (v.a kuumtöötlemiskadu) segude vahelised erinevused olid statistiliselt olulised ($p < 0,001$). Madalaimaid pH tasemeid näidanud KP (6,26) ja 10/90 (6,29) vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud ($p > 0,05$), kuid suurema koguse lillkapsa lisamine näitas märgatavat pH tõusu (30/70 ja 50/50 segude pH-väärtused vastavalt 6,37 ja 6,44, $p \leq 0,05$ võrdluses KP ja 10/90 segudega). Samas Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus ei tuvastatud spinati lisamisel tooretesse kanakotlettidesse märgatavat mõju toote pH-le. Käesolevas töös võis kotlettide pH-taseme tõusmine tuleneda lillkapsa kõrgemast pH-st, võrreldes hakklihaga. Lillkapsa lisamine kotlettidesse vähendas märkimisväärselt ($p \leq 0,05$) toodete valgusisaldust – kõrgeim valgusisaldus oli taimse lisandita kotletis (16,7%) ning madalaim suurima lillkapsa sisaldusega 50/50 kotletis (8,9%). Samas KP ja 10/90 segude valgusisalduste vahel statistiliselt olulist erinevust ei tuvastatud ($p > 0,05$). Neid tulemusi toetab Carvalho *et al*. (2019: 4) töö, kus spinati lisamine vähendas toodete valgusisaldust. Samas Minantyo *et al*. (2019: 265) uuringus oli toorete *kelor* leheta kalapallide valgusisaldus 12,99%, 10%

lehesisalduse juures tõusis see 13,34%-ni ning hakkas seejärel langema (15 ja 20% lisandiga vastavalt 13,06 ja 12,85%), El-Anany *et al*. (2020: 52–53, 55) uuringus lillkapsas toorete kananagitsate valgusisaldusi oluliselt ei mõjutanud. Käesoleva magistritöö toodete vähenev valgusisaldus on selgitatav suurema valgusisaldusega hakkliha osakaalu vähenemisega väikese proteiinisisaldusega lillkapsa lisamise arvelt.

Sarnaselt valgusisaldusele vähenes toodetes ka rasvasisaldus ($p \leq 0,05$) (tabel 8) – jällegi näitas kõrgeimat rasvasisaldust KP (9,75%), mis lillkapsa koguse suurendamisega langes (50/50 näitaja 4,56%). Segude vahelist statistiliselt olulist erinevust ei tuvastatud vaid 10/90 ja 30/70 segude vahel. Eelnevalt välja toodud tulemustega nõustusid ka Carvalho *et al*. (2019: 4) ja El-Anany *et al*. (2020: 52–54) tulemused, kus vastavalt spinati ja lillkapsa lisamine vähendasid oluliselt kuumtöötlemata toodete rasvasisaldust. Tulemusi põhjendati lisandite väiksema rasvasisaldusega võrreldes lihatoorainega – sarnase järelduse saab teha ka käesolevas töös. Kuumtöötlemata kotlettide tuhasisalduste statistiliselt oluline erinevus ($p \leq 0,05$) tuvastati vaid KP ja 50/50 segude vahel – lillkapsa lisamisega tuhasisaldus vähenes (vastavad näitajad 2,48 ja 2,14%). Antud tulemus ei ole kooskõlas Carvalho *et al*. (2019: 4) ja El-Anany *et al*. (2020: 53) toorete kotlettide tuhasisalduste tulemustega – mainitud uuringutes lihatoodete tuhasisaldused suurenesid oluliselt taimse komponendi lisamisega. Tuhasisalduse langemise võis käesolevas magistritöös põhjustada lillkapsa madalam tuhasisaldus (0,48%), võrreldes hakklihaga (1%).

Tabelis 8 näidatud kuumtöötlemata kotlettide niiskusesisaldused on kõik üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$), kusjuures suurema lillkapsa sisaldusega toote niiskusesisaldus tõuseb, omades madalaimat väärtust KP-ga (66,4%) ning kõrgeimat 50/50-ga (77,7%). Ka Carvalho *et al*. (2019: 4) ja El-Anany *et al*. (2020: 52–54) uuringutes tõusid kuumtöötlemata toodete niiskusesisaldused vastavalt spinati ja lillkapsa lisamisega, samas 10, 15 ja 20% lillkapsaga sisaldusega nagitsate niiskusesisaldused üksteisest oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$), vaid igaüks erines ilma lisandita kontrollpartiist ning 5% lillkapsa sisaldusega tootest ($p \leq 0,05$). Tulemused on põhjustatud lisatud taimsete toorainete kõrgest niiskusesisaldusest (antud töös lillkapsal 94,6%), mis on kõrgem kui lihatooraine oma. Samuti toodi El-Anany *et al*. (2020) uuringus võimaliku põhjusena välja lillkapsas sisalduvate kiudainete võimega vett siduda. Magistritöö katsetega selgitati välja, et lillkapsa lisamine toote kuumtöötlemiskaole mingit olulist mõju ei avaldanud ($p > 0,05$), tulemused jäid vahemikku 12,3–15,0%. Ka Bhosale *et al*. (2011: 235–236) uuringus ei avaldanud

porgand ja bataat kananagitsate väljatulekule olulist mõju (kuigi suurema taimse lisandi osakaaluga toodete väljatulekud/kuumtöötlemiskaod olid vastavalt veidi väiksemad/suuremad, sarnast tendentsi näitasid ka käesoleva töö tulemused). Samas näitasid nii Syuhairah *et al*. (2016: 120–121) kui ka El-Anany *et al*. (2020: 56–57) uuringud, et kontrollpartiide kuumtöötlemiskaod (vastavalt 2,8 ja 6,56%) on kõrgemad kui lisanditega segudel, kusjuures viimase puhul oli erinevus ka statistiliselt oluline ning esimese uuringus olid erinevate taimsete lisanditega (paprika, porgand, spinat, lilla kapsas, austerservik) kanavorstide kuumtöötlemiskaod sama sisalduse osakaalu juures statistiliselt oluliselt erinevad. El-Anany *et al*. (2020) töös toodi võimaliku põhjusena välja lillkapsas sisalduvate taimsete kiude võimet paremini niiskust ja lipiide tootes hoida, kuid käesolevas töös näib, et lillkapsaga lisandunud kiudainete hulk ei ole piisavalt suur, et parendada toote veesiduvust ning lillkapsa külmutamisega potentsiaalselt purunenud rakuseinad lasevad selles sisalduvat vett tootest välja, mis väljendub kuumtöötlemiskaos. Lisaks on näha, et käesoleva töö ja varasemalt mainitud uuringute kuumtöötlemiskadude keskmiste vahel on üpris suur erinevus (vastavalt 12,3 kuni 15% käesolevas töös ja 1 kuni 6,5% käsitletud uuringutes), mis võib tuleneda nii erinevatest toote tüüpidest (vorstid, kotletid ja paneeritud nagitsad) kui ka kuumtöötlemiskeskkonnast ja -meetoditest ning temperatuurirežiimidest (aurutamine, ahjus kuumtöötlemine ning fritüürimine, neist viimasega toimub tootesse rasvaine imendumine).

3.2.2. Kuumtöödeldud toodete pH, vee aktiivsus, tekstuur ja niiskusesisaldus

Käesolevas peatükis olev tabel 9 sisaldab kuumtöödeldud toodete pH, vee aktiivsuse, lõiketugevuse ja niiskusesisalduse väärtuseid erinevate segude korral erinevatel ajahetkedel. Neist nähtub, et kuumtöödeldud kotlettide pH-väärtused on mõjutatud segude erinevustest ($p < 0{,}001$) ning segu ja aja koosmõjust ($p = 0{,}025$), kuid mitte üksnes aja mõjust ($p = 0{,}109$, toodete pH-väärtused vahemikus 6,46–6,48). Võttes kotlettide säilitamise ajafaktori ühtseks tervikuks, leiti, et lillkapsa lisamine tootesse tõstab viimase pH-taset ($p \leq 0{,}05$), olles happeliseim KP ja 10/90 segudes (mõlemal 6,44) ning aluseliseim 50/50 segus (6,52). Käesolevate tulemustega ei nõustu Bhosale *et al*. (2011: 236) uuring, kus toore porgandi või küpsetatud maguskartulipüree lisamine kananagitsatesse tegi neid oluliselt happelisemateks (antud uuringus oli tegu happelisemate lisanditega kui käesolevas töös). Syuhairah *et al*. (2016: 120) töös aga tõstis nt spinati lisamine kuumtöödeldud kanavorsti pH-d. El-Anany *et*

al. (2020: 56) uuringus ei avaldanud lillkapsa lisamine kuumtöödeldud kananagitsate pH-le mingisugust olulist mõju. Sarnaselt kuumtöötlemata toodetele võib käesolevas töös ka kuumtöödeldud suurema lillkapsa sisaldusega kotlettide kõrgemat pH-d selgitada kasutatud taimse tooraine tugevama aluselisusega, võrreldes lihatoorainega. Vaadates käesoleva magistritöö segusid eraldi, selgub, et 10/90 ja 30/70 puhul ei avaldanud toodete säilitamine ja sügavkülmutamine nende pH-le mingisugust mõju ($p > 0,05$), kuid KP 1. ja 4. päeva pH-väärtused on võrduses 8. päevaga üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$, vastavad pH-d 6,46, 6,46 ja 6,40) ning oluline erinevus on ka 50/50 segu 4. ja 15. päeva vahel ($p \leq 0,05$, vastavad näitajad 6,54 ja 6,48). Seal võis tegu olla pakkegaasina kasutatud CO_2 mõningase imendumisega tootesse, mis tõi kaasa kerge pH alanemise.

Tabel 9. Kuumtöödeldud toodete pH, vee aktiivsus, lõiketugevus ja niiskusesisaldus erinevate segude korral erinevatel ajahetkedel

Segu	1. päev	4. päev	8. päev	15. päev	Sügav-külmutatud	Säilitus-päevad kokku
pH: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} = 0,109$; $p_{Segu*Aeg} = 0,025$						
KP	$6,46^{a,AB}$	$6,46^{a,A}$	$6,40^{b,A}$	$6,44^{ab}$	$6,44^{ab,A}$	$6,44^{A}$
10/90	$6,44^{A}$	$6,47^{A}$	$6,42^{A}$	6,44	$6,45^{A}$	$6,44^{A}$
30/70	$6,45^{A}$	$6,46^{A}$	$6,48^{B}$	6,48	$6,48^{A}$	$6,47^{B}$
50/50	$6,51^{ab,B}$	$6,54^{a,B}$	$6,54^{ab,C}$	$6,48^{b}$	$6,54^{ab,B}$	$6,52^{C}$
Segud kokku	6,46	6,48	6,46	6,46	6,48	(SE = 0,023)
Vee aktiivsus: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} < 0,001$; $p_{Segu*Aeg} = 0,568$						
KP	$0,965^{a,A}$	$0,965^{a,A}$	$0,964^{a,A}$	$0,966^{a,A}$	$0,974^{b,A}$	$0,967^{A}$
10/90	$0,973^{a,B}$	$0,968^{b,AB}$	$0,969^{ab,B}$	$0,973^{a,B}$	$0,979^{c,B}$	$0,973^{B}$
30/70	$0,976^{a,B}$	$0,973^{ab,B}$	$0,971^{b,B}$	$0,977^{a,B}$	$0,983^{c,B}$	$0,976^{C}$
50/50	$0,983^{a,C}$	$0,980^{ab,C}$	$0,977^{b,C}$	$0,982^{a,C}$	$0,989^{c,C}$	$0,982^{D}$
Segud kokku	$0,974^{a}$	$0,971^{b}$	$0,970^{b}$	$0,975^{a}$	$0,981^{c}$	(SE = 0,0016)
Lõiketugevus, N: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} < 0,001$; $p_{Segu*Aeg} = 0,002$						
KP	$4,35^{ab,A}$	$4,46^{a,A}$	$4,62^{ac,A}$	$5,00^{c,A}$	$3,89^{b,A}$	$4,47^{A}$
10/90	$3,66^{B}$	$3,69^{B}$	$3,93^{B}$	$3,75^{B}$	$3,52^{A}$	$3,71^{B}$
30/70	$2,67^{ab,C}$	$2,66^{ab,C}$	$3,13^{a,C}$	$2,94^{a,C}$	$2,36^{b,B}$	$2,75^{C}$
50/50	$1,76^{D}$	$1,62^{D}$	$1,71^{D}$	$1,70^{D}$	$1,81^{C}$	$1,72^{D}$
Segud kokku	$3,11^{ab}$	$3,11^{ab}$	$3,35^{a}$	$3,35^{a}$	$2,90^{b}$	(SE = 0,162)
Niiskus, %: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} = 0,676$; $p_{Segu*Aeg} = 0,381$						
KP	$61,5^{A}$	$61,6^{A}$	$61,4^{A}$	$60,9^{A}$	–	$61,3^{A}$
10/90	$64,0^{B}$	$64,4^{B}$	$64,1^{B}$	$63,9^{B}$	–	$64,1^{B}$
30/70	$67,3^{C}$	$67,3^{C}$	$68,7^{C}$	$68,1^{C}$	–	$67,8^{C}$
50/50	$72,8^{D}$	$73,0^{D}$	$73,0^{D}$	$73,8^{D}$	–	$73,2^{D}$
Segud kokku	66,4	66,6	66,8	66,7	–	(SE = 0,72)

Märkused:

1. Samas reas/veerus ülaindeksis sama väike-/suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$; Tukey *post-hoc* test), vastavate tähtede puudumine tähendab statistiliselt oluliste erinevuste puudumist.

2. Suurus SE on segude ja ajahetkede kombinatsioonidele vastavate keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.
4. Tähistus „–„ näitab, et antud näitajat konkreetsel ajahetkel ei mõõdetud.

Tabelis 9 on näha, et kuumtöödeldud toodete vee aktiivsuse keskmised on segude vaheliselt statistiliselt oluliselt erinevad ($p < 0,001$), samuti avaldab segudele olulist mõju säilitamine ($p < 0,001$), kuid mitte aja ja segu koosmõju ($p = 0,568$). Võttes eraldi kõikide segude erinevate aegade tulemused kokku, saab järeldada, et lillkapsa lisamisega suureneb oluliselt ($p \leq 0,05$) kotlettide vee aktiivsus (madalaimat tulemust ehk 0,967 näitas taimse lisandita kontrollpartii, kõrgeimat ehk 0,982 aga suurima lillkapsa sisaldusega 50/50 segu). Seega suurendab lillkapsa lisamine kotlettide vaba vee olemasolu, mis on kahjuks heaks keskkonnaks erinevatele mikroorganismidele. Vaadates segude kaupa aja mõju vee aktiivsusele, siis saab kõikide segudega välja tuua, et sügavkülmutatud kotlettide vee aktiivsus on statistiliselt oluliselt kõrgem kõigist teistest säilituspäevadest ($p \leq 0,05$). Võrdlusena võib välja tuua KP, 10/90, 30/70 ja 50/50 madalaimad väärtused (vastavalt 0,964, 0,968, 0,971 ja 0,977) ning sügavkülmutatud toodete vee aktiivsuse näitajad (vastavalt 0,974, 0,979, 0,983 ja 0,989). Seda võib selgitada rakkudes sisalduva immobiliseeritud vee muutumisega vabaks veeks, põhjustatuna külmutamisest. Jättes sügavkülmutatud toodete väärtused kõrvale, võib välja lugeda, et igal segul jäid 1. ja 15. päeva vee aktiivsuse väärtused üpris samadesse suurustesse ning mainitud kahe päeva vahepealsel perioodil toimus teatav vee aktiivsuse langus ning seejärel uuesti tõus.

Kuumtöödeldud liha-köögiviljakotlettide lõiketugevustes on statistiliselt olulised erinevused nii segude ja ajahetke mõju kui ka nende mõlema koosmõju arvesse võttes (p-väärtused vastavalt $p < 0,001$, $p < 0,001$ ja $p = 0,002$) (tabel 9). Vaadates 1., 4., 8. ja 15. säilitamispäevade ning kõiki ajalisi faktoreid kokku arvestavate segude keskmiseid lõiketugevusi, on näha, et kõikide segude keskmised lõiketugevused on üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$), olles kõrgeim kontrollpartiil (kõiki ajafaktoreid arvestava KP keskmine 4,47 N ja 50/50 segul 1,72 N). Vaid sügavkülmutatud KP ja 10/90 vahel statistiliselt olulist seost ei täheldatud ($p > 0,05$). Ka Abdel-Naeem ja Mohamed (2016: 52–55, 58) uuringus langesid ingveriekstrakti, papaiini ning ingveriekstrakti ja papaiini seguga kaamelilihast kotlettide lõiketugevused, võrreldes kontrollpartiiga (nt kontrollpartii lõiketugevus 10,79 N ning ingveri ja papaiini seguga toote lõiketugevus 3,92 N). Samas ei uuritud antud töös mingi konkreetse köögivilja lisamise mõju toote lõiketugevusele, nagu käesolevas magistritöös tehti. Käesoleva töö tulemustest selgus, et sügavkülmutatud KP

lõiketugevus (3,89 N) on statistiliselt oluliselt madalam ($p \leq 0,05$) kõikidest teistest sama segu säilitamispäevadest, kusjuures kõrgeimat uuritud tekstuuriparameetri väärtust näitas 15. päeva KP. 30/70 segu puhul olid nii 8. ja 15. päeva lõiketugevused statistiliselt oluliselt kõrgemad ($p \leq 0,05$) sügavkülmutatud kotlettide omast. 10/90 ega 50/50 segu puhul mingeid erinevusi ei tuvastatud. Seega võib öelda, et lillkapsa lisamine kotletti muutis proovi läbi lõikamiseks vaja mineva jõu madalamaks, mis võib olla tingitud toodete suuremast vee aktiivsusest ehk vaba vee olemasolust ja seeläbi väiksemast seotusest. Suurema lillkapsa sisaldusega tootes on ka vähem lihavalke, mis vett ning toote koostisosi omavahel tugevamalt seoksid.

Tabelis 9 on veel välja toodud kuumtöödeldud kotlettide niiskusesisaldused, mis segude lõikes erinesid üksteisest oluliselt ($p < 0,001$), kuid säilitamise aeg ning segu ja aja koosmõju ei omanud statistilist olulisust (vastavalt $p = 0,676$ ja $p = 0,381$). Erinevaid säilitamise aegu kokku võtvad niiskusesisalduste keskmised lähevad lillkapsa lisamisega kõrgemaks (madalaim on KP 61,3% ning kõrgeim 50/50 73,2%). Neid tulemusi toetab ka Bhosale *et al*. (2011: 236) uuring, kus porgandi ja bataadipüree lisamine suurendas kananagitsate niiskusesisaldusi. Ka El-Anany *et al*. (2020: 52–54) uuringus täheldati lillkapsa osakaalu tõstmisega kananagitsa niiskusesisalduse suurenemist, mida põhjendati lillkapsas sisalduvate kiudainete võimega siduda vett. Käesolevas magistritöös võib toodete niiskusesisalduse suurenemist põhjendada sellega, et lisandiks kasutatud lillkapsa niiskusesisaldus on tunduvalt kõrgem kui hakklihal, vastavalt 94,6% ja 69,41%. Võrreldes kuumtöödeldud kotlettide niiskusesisaldusi peatükis 3.2.1. tabelis 8 välja toodud toorete toodete niiskusesisaldustega, on märgata esimestel võrdluses teistega vaadeldava näitaja alanemist, mis on tingitud kuumtöötlemiskaost.

3.2.3. Kuumtöödeldud toodete värvus

Käesolevas töös mõõdeti kuumtöödeldud kotlettide lõike- ja välispinna värvust CIELAB-süsteemis, kus L* on heledus (0 = must ning 100 = valge), a* tähistab punasus-rohelisust (rohelisus on −a* ja punasus +a*) ning b* väljendab proovi kollasus-sinisust (sinisus on −b* ja kollasus on +b*), kasutades kolorimeetrit X-Rite 964. Tulemustest selgus (tabel 10), et segud avaldasid nii välis- kui lõikepinna L*-väärtustele statistiliselt olulist mõju ($p < 0,001$),

mis avaldus lillkapsa suurenemisega L*-väärtuse tõusuga. Arvestades kogu säilitusperioodi, tulid välispinna vastavad näitajad vahemikku 71,4–79,4 ning lõikepinnal 75,6–80,4, mis näitab, et kotleti sisemine osa on heledam kui välimine (tingituna välispinnal olevast kuumtöötlemise läbi tekkinud teatud pruunistuse astmest). Võrdluseks langesid Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus toorete kanakotlettide L*-väärtus, kui tootesse lisati spinatit (spinati roheline värvus muutis toote tumedamaks). Ka Bhosale *et al*. (2011: 238) toore porgandi või kuumtöödeldud bataadipüreega täiendatud kuumtöödeldud kananagitsates antud näitaja tõusis, kuid El-Anany *et al*. (2020: 56–57) uuringus avaldas lillkapsa lisamine nagitsatesse vastupidist mõju käesoleva magistritööga – lillkapsaga tooted olid statistiliselt oluliselt tumedamad kui kontrolltooted, millest järeldati, et kõnealuste nagitsate heledus sõltus lisatud kananaha (ehk lisatud rasva), mille arvelt toimus taimse tooraine lisamine tootesse, kogusest. Käesolevas magistritöös toimus toodete helenemine lillkapsa lisamisega, mis on tingitud viimase heledamast värvusest, võrreldes hakklihaga. Vaadeldes proovide lõikepinna heleduse muutust säilitamisel, selgus, et säilitamisperiood ei oma mingit statistilist olulisust toodete lõikepinna heledusele ($p = 0,543$). Samas tuvastati säilitamisel mõju olevat kõikide segude välispinna L*-väärtustele v.a 50/50 segul ($p < 0,001$). Kõik kolm segu näitasid sarnast tendentsi, et pikema perioodi jooksul muutuvad kotlettide välispinnad heledamaks, kusjuures heledaimaid L*-väärtused tuvastati KP, 10/90 ja 30/70 segudel sügavkülmutatud toodetes. Samas ei ole sügavkülmutatud toodete keskmised L*-väärtused statistiliselt oluliselt erinevad 15. päevast ning reeglina ka 8. päevast (v.a KP). Toodete helenemist säilitamisel võib teatud määral põhjendada pakendamisel kasutatud süsihappegaasi mõjuga toodete värvusele, mis vähemalt lihas põhjustab viimase värvuse muutumist heledamaks. Samas peaks erinevate allikate järgi MAP hoopis toote värvust stabiliseerima. Lõikepinna heledusele segu ja aja koosmõjul mingit olulist mõju ei täheldatud ($p = 0,303$), kuid välispinnal on neil statistiliselt oluline efekt ($p = 0,039$).

Tabel 10. Kuumtöödeldud toodete värvusnäitajad erinevate segude korral erinevatel ajahetkedel

Segu	1. päev	4. päev	8. päev	15. päev	Sügav-külmutatud	Säilitus-päevad kokku
L* (välis): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} < 0{,}001$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}039$						
KP	68,8 ^{a,A}	70,6 ^{ab,A}	70,8 ^{ab,A}	72,8 ^{bc,A}	73,8 ^{c,A}	71,4 ^{A}
10/90	70,0 ^{a,A}	71,3 ^{ab,A}	73,9 ^{c,B}	73,4 ^{bc,A}	74,5 ^{c,A}	72,6 ^{B}
30/70	73,5 ^{a,B}	75,5 ^{ab,B}	76,8 ^{b,C}	76,1 ^{b,B}	77,6 ^{b,B}	75,9 ^{C}
50/50	78,3 ^{C}	79,1 ^{C}	79,6 ^{D}	80,5 ^{C}	79,6 ^{B}	79,4 ^{D}
Segud kokku	72,7 ^{a}	74,1 ^{b}	75,3 ^{c}	75,7 ^{c}	76,4 ^{c}	(SE = 0,62)
a* (välis): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} < 0{,}001$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}292$						
KP	15,9 ^{A}	16,3 ^{A}	15,7 ^{A}	15,3 ^{AB}	16,4 ^{A}	15,9 ^{A}
10/90	16,0 ^{A}	16,2 ^{A}	15,2 ^{A}	15,6 ^{A}	15,7 ^{A}	15,7 ^{A}
30/70	14,9 ^{a,A}	14,6 ^{ab,B}	13,7 ^{ab,B}	14,1 ^{ab,B}	13,2 ^{b,B}	14,1 ^{B}
50/50	12,2 ^{B}	12,1 ^{C}	11,5 ^{C}	10,9 ^{C}	11,6 ^{C}	11,7 ^{C}
Segud kokku	14,8 ^{ab}	14,8 ^{a}	14,0 ^{bc}	14,0 ^{c}	14,2 ^{abc}	(SE = 0,42)
b* (välis): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}002$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}292$						
KP	42,6 ^{a,A}	43,9 ^{a,A}	43,8 ^{a,A}	44,3 ^{ab}	46,0 ^{b}	44,1 ^{A}
10/90	44,4 ^{a,B}	44,6 ^{ab,AB}	44,8 ^{ab,AB}	44,5 ^{ab}	46,1 ^{b}	44,9 ^{B}
30/70	45,4 ^{BC}	46,6 ^{C}	45,3 ^{AB}	45,8	45,4	45,7 ^{C}
50/50	46,3 ^{C}	45,8 ^{BC}	46,2 ^{B}	45,5	46,0	46,0 ^{C}
Segud kokku	44,7 ^{a}	45,2 ^{ab}	45,0 ^{ab}	45,0 ^{a}	45,9 ^{b}	(SE = 0,44)
L* (sise): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}543$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}303$						
KP	75,0 ^{A}	75,8 ^{A}	75,2 ^{A}	75,7 ^{A}	76,2 ^{A}	75,6 ^{A}
10/90	77,0 ^{B}	77,1 ^{A}	77,4 ^{B}	76,8 ^{A}	76,7 ^{A}	77,0 ^{B}
30/70	78,8 ^{C}	78,9 ^{B}	78,6 ^{B}	79,0 ^{B}	78,3 ^{B}	78,7 ^{C}
50/50	80,5 ^{D}	80,7 ^{C}	80,8 ^{C}	80,4 ^{C}	79,7 ^{C}	80,4 ^{D}
Segud kokku	77,8	78,1	78,0	78,0	77,7	(SE = 0,37)
a* (sise): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}191$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}893$						
KP	15,1 ^{A}	14,9 ^{A}	15,5 ^{A}	15,4 ^{A}	15,2 ^{A}	15,2 ^{A}
10/90	14,2 ^{A}	14,3 ^{A}	14,0 ^{B}	14,6 ^{A}	14,6 ^{A}	14,3 ^{B}
30/70	12,5 ^{B}	12,6 ^{B}	12,5 ^{C}	12,5 ^{B}	12,8 ^{B}	12,6 ^{C}
50/50	10,5 ^{C}	10,3 ^{C}	10,2 ^{D}	10,6 ^{C}	11,0 ^{C}	10,5 ^{D}
Segud kokku	13,1	13,0	13,0	13,3	13,4	(SE = 0,31)
b* (sise): $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} < 0{,}001$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}478$						
KP	41,8 ^{a,A}	42,2 ^{ab,A}	42,3 ^{ab,A}	42,3 ^{ab,A}	42,8 ^{b,A}	42,3 ^{A}
10/90	42,7 ^{B}	42,2 ^{A}	42,4 ^{A}	42,7 ^{AB}	42,8 ^{A}	42,5 ^{A}
30/70	43,2 ^{BC}	43,3 ^{B}	43,3 ^{B}	43,1 ^{BC}	43,7 ^{B}	43,3 ^{B}
50/50	43,9 ^{C}	43,3 ^{B}	43,3 ^{B}	43,5 ^{C}	44,0 ^{B}	43,6 ^{B}
Segud kokku	42,9 ^{a}	42,7 ^{a}	42,8 ^{a}	42,9 ^{a}	43,3 ^{b}	(SE = 0,24)

Märkused:

1. Samas reas/veerus ülaindeksis sama väike-/suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0{,}05$; Tukey *post-hoc* test), vastavate tähtede puudumine tähendab statistiliselt oluliste erinevuste puudumist.
2. Suurus SE on segude ja ajahetkede kombinatsioonidele vastavate keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Tabelist 10 on näha, et nii välis- kui lõikepinna a*-väärtuste keskmised olid segude vahelisel võrdlusel üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ($p < 0,001$). Vaid KP ja 10/90 segude välispindadel ei täheldatud a*-väärtuste vahel mingit statistiliselt olulist erinevust ($p > 0,05$). Kummaski mõõtmiskohas (välis- ja lõikepinnal) langesid a*-väärtused lillkapsa osakaalu suurenemisega, mis tähendab, et kotlettide punasus vähenes ning rohelisus suurenes (säilituspäevi kokku arvestades sisepinna keskmised madalaimad ja kõrgeimad väärtused vastavalt 10,5 ja 15,2, välispinnal vastavalt 11,7 ja 15,9). Ka Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus langesid toodete punasus ning suurenes rohelisus spinati lisamisega toodetesse (30% spinatisisaldusega oli a*-näitaja isegi negatiivne, mis vihjab spinati rohelisele värvusele), sama järeldus tehti ka Syuhairah *et al*. (2016: 122) spinativorstidega. Samas porgandivorstides a*-väärtus tõusis märgatavalt, võrreldes kontrollpartiiga. Vastupidiselt käesolevas magistritöös saadud tulemustele näitasid El-Anany *et al*. (2020: 56–57) 20% lillkapsa sisaldusega kananagitsad oluliselt kõrgemat a*-väärtust kui kontrollsegu. Vaadeldes magistritöö kotlettide välis- ja lõikepindade a*-väärtuste erinevusi, siis viimase keskmised näitajad on madalamad kui esimesel, mis võib samuti tingitud olla välispinna osalisest pruunistusest. Toodete a*-väärtuste langemine lillkapsa sisalduse suurenemisel on põhjendatav lillkapsa valkja värvusega. Võttes vaatluse alla lõikepinna, siis säilitamisfaktor ning aja ja segu koosmõju ei avaldanud kotlettide punasus-rohelisusele mingisugust statistiliselt olulist mõju (p-väärtused vastavalt $p = 0,191$ ja $p = 0,893$), samamoodi ei tuvastatud seda ka välispinna säilitamisaega ja segusid kokku võttes ($p = 0,292$). Samas leiti 30/70 välispinnal 1. päeva ja sügavkülmutatud kotlettide vahel olevat statistiliselt oluline a*-väärtuste erinevus ($p \leq 0,05$), kusjuures külmutatud tooted olid madalama punasusega. Kõiki segusid kokku võttes leiti 4. päeva kotlettide a*-näitajad oluliselt kõrgemad olema nii 8. kui 15. päeva toodetest. Seega võib teatud juhtudel säilitamisega märgata uuritud lihatoodete punasuse vähenemist, mida võib samuti osaliselt põhjendada CO_2 pakkegaasina kasutamisega säilitamisel. Samas lämmastiku kasutamine gaasikeskkonnas pakendamisel peaks pidurdama roheka värvuse tekkimist.

Nii välis- kui lõikepinnal tuvastati segude vaheliselt kotlettide b*-väärtustes statistiliselt olulist erinevust ($p < 0,001$), mis lillkapsa osakaaluga tootes tõusis, saavutades maksimumi 50/50 segudes (tabel 10). See tähendab, et lillkapsa lisamine muutis uuritud lihatooted kollasemateks. Päevade siseselt ei tuvastatud segude vahelisi statistiliselt olulisi erinevusi vaid välispinnal 15. päeval ning sügavkülmutatud toodetes ($p > 0,05$). Võrreldes omavahel välis- ja lõikepinna keskmisi b*-näitajaid, võib märgata viimasel madalamaid tulemusi,

võrreldes esimesega, mis tähendab, et kotlettide välispind oli kollakam kui lõikepind (nt välis- ja lõikepinna 50/50 segude kõiki säilituspäevi arvestavad b*-väärtused vastavalt 46,0 ja 43,6). Ka Syuhairah *et al*. (2016: 122) porgandivorstides tõusis porgandi lisamisega b*-väärtus märgatavalt, Carvalho *et al*. (2019: 4) uuringus aga spinati lisamisega kollasus langes. Kõrvutades aga Syuhairah *et al*. (2016: 122) spinativorsti tulemusi Carvalho *et al*. (2019) tulemustega, on näha vastuolu – spinati lisamisega vorstide b*-väärtus kasvas, võrreldes kontrollpartiiga. Käesoleva magistritööga sarnaseid tulemusi näitas ka Bhosale *et al*. (2011: 238) uuring, kus toore porgandi või küpsetatud bataadipüreega kananagitsate b*-väärtused tõusid, El-Anany *et al*. (2020: 56–57) töös uuritud lillkapsaga kananagitsates aga erinevate segude b*-väärtuste vahel mingeid statistiliselt olulisi erinevusi ei tuvastatud. Vaadeldes mõlema mõõtmiskoha b*-väärtuste erinevusi säilitamisel, siis välis- ja lõikepinna aja mõju p-väärtusteks kujunesid vastavalt $p = 0{,}002$ ja $p < 0{,}001$ ehk säilitamine avaldas kotlettide sinisus-kollasusele statistiliselt olulist mõju (mõlemal puhul näitasid kõrgeimaid b*-väärtuseid sügavkülmutatud tooted, mis välispinna puhul erinesid kõiki segusid kokku arvestades oluliselt 1. ja 15. säilituspäevast ning sisemise pinna puhul kõigist teistest säilituspäevadest, kusjuures kummagi mõõtmiskoha tulemustes ei tuvastatud n-ö tavaliste säilitamispäevade omavahelisel võrdlemisel ühtegi statistiliselt olulist erinevust ning seda nii segusid kokku võtvalt kui ka üksikult vaadeldes). Lisaks saab märkida, et kui võrrelda nt kotleti välispinna 1. päeva (säilitusperioodi algus) b*-väärtuseid sügavkülmutatud toodetega keskmiste väärtustega, siis viimase puhul on kõikide segude sinisus-kollasused üpris sarnased (vahemikus 45,4–46,1), kuid esimesel päeval erinevad näitajad arvuliselt üksteisest rohkem (vahemikus 42,6–46,3). Segude eraldi vaatlemisel on näha, et välispinnal ei avaldanud säilitamine b*-väärtusele olulist mõju suurema lillkapsa sisaldusega toodetes (30/70 ja 50/50), lõikepinnal neile lisaks ka 10/90 kotlettides. Segu ja aja koosmõjul ei tuvastatud ei kotlettide välis- ega lõikepindadel statistiliselt olulist mõju (p-väärtused vastavalt $p = 0{,}292$ ja $p = 0{,}478$).

3.2.4. Kuumtöödeldud toodete valgu- ja rasvasisaldused

Kuumtöödeldud kotlettidel mõõdeti valgu- ja rasvasisaldusi 1. ja 15. säilituspäeval, mille tulemused on välja toodud tabelis 11. Selgus, et segude mõju oli valgusisalduse tulemustele statistiliselt oluline ($p < 0{,}001$), lillkapsa lisamisega toodete proteiinisisaldused alanesid

(1. päeva kõrgeimat valgusisaldust ehk 20,4% näitas KP, madalaimat ehk 11,4% 50/50). Ka Bhosale *et al*. (2011: 236) uuringus langes suurema köögivilja sisaldusega kuumtöödeldud toodetes valgusisaldus, samuti Minantyo *et al*. (2019: 265) keedetud kalapallides. El-Anany *et al*. (2020: 52–53, 55) uuringus ei leitud kuumtöödeldud kananagitsate valgusisaldustes segude vaheliselt statistiliselt olulisi erinevusi. Käesolevas töös saab suurema lillkapsa kogusega toodete valgusisalduse vähenemist selgitada sellega, et lillkapsa valgusisaldus on oluliselt madalam kui viimasega asendatud hakklihal. Toodete säilitamise ajal ning aja ja segu koosmõjul ei tuvastatud mingisugust olulist efekti kotlettide proteiinisisaldustele (p-väärtused vastavalt p = 0,140 ja p = 0,922). Võrreldes kuumtöödeldud kotlettide valgusisalduse tulemusi peatükis 3.2.1. tabelis 8 näidatud toorete toodete proteiinisisaldustega, on näha, et esimestes on see kõrgem kui kuumtöötlemata kotlettides. Põhjuseks on see, et üldiselt niiskusesisalduse vähenemisega tootes suurenevad kõikide teiste komponentide sisaldused, sh suurenes ka valgusisalduse osakaal.

Tabel 11. Kuumtöödeldud toodete valgu- ja rasvasisaldused 1. ja 15. päeval erinevate segude korral, %

Tunnus / aeg	KP	10/90	30/70	50/50	SE
Valk: $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}140$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}922$					
1. päev	20,4 ^{A}	17,9 ^{B}	15,3 ^{C}	11,4 ^{D}	0,48
15. päev	19,8 ^{A}	17,8 ^{B}	14,9 ^{C}	11,0 ^{D}	
Rasv: $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}994$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}879$					
1. päev	10,5 ^{A}	9,2 ^{B}	7,3 ^{C}	5,0 ^{D}	0,35
15. päev	10,8 ^{A}	9,1 ^{B}	7,3 ^{C}	4,9 ^{D}	

Märkused:
1. Samas reas ülaindeksis sama suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0{,}05$; Tukey *post-hoc* test).
2. Suurus SE on segude ja ajahetkede kombinatsioonidele vastavate keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Kuumtöödeldud toodete rasvasisalduse tulemustele avaldasid segude erinevused statistiliselt olulist mõju ($p < 0{,}001$), säilitusaeg ning segu ja aja koosmõju aga mitte (vastavalt p = 0,994 ja p = 0,879) (tabel 11). Sarnaselt valgusisaldusele alanes ka rasvade hulk lillkapsa koguse suurenemisega, olles 1. päeval maksimumis kontrollsegus (10,5%) ning miinimumis suurima taimse lisandi osakaaluga kotletis (5%). Ka Bhosale *et al*. (2011: 236) ja El-Anany *et al*. (2020: 52–54) uuringutes alanesid toodete rasvasisaldused vastavalt toore porgandi ja kuumtöödeldud bataadipüree ning lillkapsa lisamisega. Sarnaselt mainitud töödele saab ka käesolevas magistritöös järeldada, et kotlettide rasvasisaldus vähenes lillkapsast suurema

rasvasisaldusega lihatooraine koguse vähendamise tõttu. Sarnaselt valgusisaldusele suurenes ka kuumtöödeldud toodete rasvasisaldused, võrreldes kuumtöötlemata kotlettidega.

3.2.5. Kuumtöödeldud toodete tuha-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused

Kuumtöödeldud toodete tuha-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused on välja toodud järgnevas tabelis 12. Kõik sealsed väärtused on saadud arvutuslikel teedel, vastavaid metoodikaid kirjeldati täpsemalt peatükkides 2.2.7.–2.2.9. Tuhaväärtustel leiti statistiliselt oluline erinevus vaid KP ja 50/50 vahel ($p \leq 0,05$), kusjuures suurema lillkapsa sisaldusega toodete tuhasisaldused olid madalamad kui kontrollpartiil (KP – 2,78%, 50/50 – 2,44%). Need tulemused on vastuolus nii Bhosale *et al*. (2011: 236) kui ka El-Anany *et al*. (2020: 53, 55) uuringute tulemustega. Esimeses oli 15% bataadisisaldusega kuumtöödeldud toote tuhaväärtus oluliselt kõrgem kui kontrollsegul, teises olid kuumtöödeldud erinevate lillkapsa sisaldustega toodete tuhasisaldused oluliselt kõrgemad kui kontrollpartiis, kuid omavahelisi statistiliselt olulisi erinevusi lisandiga segudel ei täheldatud. Viimases töös kuumtöödeldud nagitsate tuhasisaldused suurenesid, võrreldes toorete toodetega (käesolevas magistritöös on sarnane tõus tingitud kasutatud arvutuslikust meetodist, kus termiliselt töödeldud kotlettide tuhasisaldusi suurendati, arvestades konkreetse segu kuumtöötlemiskadu). Käesoleva töö kuumtöödeldud kotlettide tuhasisalduse langemise põhjusena võib sarnaselt peatükis 3.2.1. järeldatule välja tuua, et see võis tingitud olla lillkapsa madalamast tuhasisaldusest, võrreldes hakklihaga.

Tabel 12. Kuumtöödeldud toodete tuha-, kiudainete- ja süsivesikute keskmised sisaldused 1. päeval erinevate segude korral, %

Tunnus	KP	10/90	30/70	50/50	SE	p_{Segu}
Tuhk	2,78 [A]	2,65 [AB]	2,65 [AB]	2,44 [B]	0,055	<0,001
Kiudained	1,49	1,54	1,63	1,73	0,000	–
Süsivesikud	4,71 [A]	6,15 [B]	7,47 [C]	8,37 [D]	0,222	<0,001

Märkused:
1. Samas reas ülaindeksis sama suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$; Tukey *post-hoc* test).
2. Suurus SE on segude keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.
4. Kiudainete sisaldused olid sama segu erinevates partiides ühesugused ja seetõttu ei olnud võimalik segusid omavahel statistiliselt võrrelda.

Käesolevas töös leiti termiliselt töödeldud kotlettidel ka kiudainete sisaldused (tabel 12), mida kahjuks ei saanud omavahel statistiliselt võrrelda, kuna kasutatud arvutusmetoodika tõttu olid sama segu erinevates partiides kiudainete sisaldused ühesugused. Siiski saab tulemusi vaadates järeldada, et lillkapsa lisamine suurendab mingil määral toote kiudainete sisaldust (kõrgeim väärtus ehk 1,73% oli just 50/50 segul, võrreldes KP madalaima 1,49%-ga). Need tulemused on kooskõlas nii Minantyo *et al*. (2019: 265), Bhosale *et al*. (2011: 236–237) kui ka El-Anany *et al*. (2020: 53–55) uuringute tulemustega. Samas võib näiteks El-Anany *et al*. (2020) uuringust näha, et lillkapsa lisamisel suurenes kiudainete sisaldus tunduvalt rohkem kui käesolevas magistritöös (kuumtöödeldud kontrollnagitsate ja 20% lillkapsa sisaldusega toodete kiudainete sisaldused vastavalt 1,08% ja 3,84%). Oletusel, et magistritöös kasutatud taimse lisandi kiudainete sisaldus oleks olnud ligilähedane Tervise Arengu Instituudi andmebaasis välja toodule (peatükk 1.8.3., tabel 3), oleks analüüsitud uuringutele sarnaselt ka magistritöö lillkapsaga toodete kiudainete sisaldused enam suurenenud, kui nad antud olukorras tegid.

Tabelis 12 on välja toodud ka kuumtöödeldud kotlettide süsivesikute sisaldused. Tulemustest selgus, et lillkapsa lisamine avaldas karbohüdraatide sisaldusele statistiliselt olulist mõju ($p < 0,001$), tuues kaasa antud näitaja suurenemise. Võrreldes KP-ga, oli 50/50 süsivesikute sisaldus umbes 1,78 korda kõrgem (vastavalt 4,71% ja 8,37%). Antud tulemustega nõustusid ka Carvalho *et al*. (2019: 4) ja El-Anany *et al*. (2020: 53–55) uuringutega saavutatud tulemused (taimsed lisandid vastavalt spinat ja lillkapsas). Süsivesikute sisalduse suurenemist saab selgitada lillkapsa umbes viis korda kõrgema karbohüdraatide sisaldusega, võrreldes lihaga (vastavalt peatükkides 1.1. ja 1.8.3. välja toodule).

3.3. Liha-köögiviljakotleti mikrobioloogiliste analüüside tulemused

Käesolevas magistritöös teostati kuumtöötlemata ja -töödeldud toodetele mikrobioloogilised analüüsid, kus määrati mikroobide üldarv. Analüüside tulemused on kümnendlogaritmituna näidatud tabelis 13. Vaadates kuumtöötlemata kotlettide näitajaid, tuvastati segude vaheliselt statistiliselt oluline erinevus ($p = 0,031$). KP ja 50/50 segude mikroobide üldarvud erinesid üksteisest oluliselt ($p \leq 0,05$, keskmised vastavalt 3,75 ja 3,21 log pmü/g), näidates

lillkapsa sisalduse suurenemisega madalamaid väärtuseid. Tulemustega nõustuvad Al-Juhaimi *et al*. (2020: 4–5) ja Hawashin *et al*. (2016: 36–37) uuringute tulemused, kuigi neis ei lisatud lihatoodetele mingit konkreetset (külmutatud) köögivilja, vaid baobabi seemne ekstrakti või oliivõli pressimisjääke. Peatükist 3.2.1. selgus, et kuumtöötlemata kotlettide pH-väärtused lähenesid lillkapsa koguse suurenemisega neutraalsele pH-le (7,0), mis on parim kasvukeskkond enamikele mikroorganismidele, kuid vähemalt antud töö toored tooted näitavad vastupidiseid tulemusi ehk happelisema keskkonnaga toodetes tuvastati kõrgem mikroobide üldarvu sisaldus (võimalik põhjus seisneb optimaalsema keskkonna olemasolust atsidofiilsete mikroorganismide arenguks). Toodete säilitustemperatuurist (umbes +3 °C) olenevalt koosnesid kotlettide mikrobiootad enamasti ilmselt psührofiilsetest ja psührotroopsetest mikroobidest.

Tabel 13. Hinnanguline mikroobide üldarv tooretes ja kuumtöödeldud toodetes erinevate segude korral, log pmü/g

	KP	10/90	30/70	50/50	Segud kokku
Toores: p_{Segu} = 0,031					
	3,75 ^{A}	3,38 ^{AB}	3,38 ^{AB}	3,21 ^{B}	(SE = 0,136)
Kuumtöödeldud: p_{Segu} = 0,060; p_{Aeg} < 0,001; $p_{Segu*Aeg}$ = 0,989					
0. päev	2,02 ^{ab}	1,73	1,15	1,52	1,60 ^{ab}
4. päev	1,00 ^{a}	1,40	0,78	0,84	1,00 ^{c}
8. päev	2,20 ^{b}	2,03	1,66	2,01	1,98 ^{a}
15. päev	1,44 ^{ab}	1,61	1,06	1,23	1,33 ^{bc}
Säilituspäevad kokku	1,66	1,69	1,16	1,40	(SE = 0,319)

Märkused:
1. Samas reas/veerus ülaindeksis sama suur-/väiketähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$; Tukey *post-hoc* test).
2. Suurus SE on segude ja ajahetkede kombinatsioonidele vastavate keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Kuumtöödeldud kotlettide mikroobide üldarvus segude vahelisi statistiliselt olulisi erinevusi ei tuvastatud (p = 0,060), kuid kuna p-väärtus ületab vaid napilt 0,05, saab siiski välja tuua teatud sisulisi erinevusi (tabel 13). Näiteks selgub, et nii säilituspäevi kokku võtvalt kui ka eraldi vaadeldes tuvastati madalaim mikroobide üldarv 30/70 segus ning kõrgeimad KP-s ja 10/90 segus, 50/50 jäi kahe äärmuse vahele (säilituspäevi kokku võtvalt 30/70 mikroobide üldarv 1,16 log pmü/g ning KP ja 10/90 segudel vastavalt 1,66 ja 1,69 log pmü/g, p > 0,05). Seega antud töös ei toonud suurema lillkapsa sisaldusega kuumtöödeldud toodete kõrgem aluselisus ja vee aktiivsus (peatükk 3.2.2.) kaasa mikroobide üldarvu kasvu (vastavaid

korrelatsioone kirjeldatakse peatükis 3.5.). Võimalik, et lillkapsa lisamine tootesse tõi kaasa teatud antimikroobse efekti (nagu kirjeldatud Sanz-Puig *et al*. (2015) ja Hu *et al*. (2004) uuringutes), kuid samas oli käesolevas töös 50/50 segu mikroobide üldarv kõrgem kui 30/70 segul.

Säilitamine avaldas termiliselt töödeldud kotlettide mikroobide üldarvule statistiliselt olulist mõju, kuid segu ja aja koosmõju mitte (p-väärtused vastavalt $p < 0,001$ ja $p = 0,989$) (tabel 13). Segusid säilituspäeva siseselt kokku võttes selgus, et kõrgeim mikroobide üldarv oli 8. säilituspäeva kotlettidel (1,98 log pmü/g), mis oli statistiliselt oluliselt kõrgem 4. ja 15. säilituspäeva näitajatest ($p \leq 0,05$, mikroobide üldarvud vastavalt 1,00 ja 1,33 log pmü/g). Lisaks oli 4. päeva mikroobide üldarv statistiliselt oluliselt madalam toodete valmistamise päevast ($p \leq 0,05$, viimase näitaja 1,60 log pmü/g). Segude eraldi vaatlemisel tuvastati statistiliselt oluline erinevus vaid KP 4. ja 8. säilituspäeva mikroobide üldarvude vahel, kus säilitamisega mikroobide üldarv kasvas ($p \leq 0,05$, mikroobide üldarvud vastavalt 1,00 ja 2,20 log pmü/g). Kuigi teistel segudel päevade vahelisi statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud, siis keskväärtuseid vaadates oli kõigil segudel sarnaselt KP-ga madalaim mikroobide üldarv 4. ning kõrgeim 8. säilituspäeval ($p > 0,05$). Näiteks võib sisulise erinevuse leida 50/50 segu 4. ja 8. päeva vahel ($p = 0,051$, näitajad vastavalt 0,84 ja 2,01 log pmü/g). Igal segul 15. päevaks mikroobide üldarv uuesti langes ning need olid arvuliselt madalamad kui toodete valmistamise päeval (0. päeval KP, 10/90, 30/70 ja 50/50 vastavad näitajad 2,02, 1,73, 1,15 ja 1,52 log pmü/g ja viimasel säilitamispäeval vastavalt 1,77, 1,61, 1,06 ja 1,23 log pmü/g, $p > 0,05$). Märkimist väärib, et nii kuumtöötlemata kui ka 0. päeva kuumtöödeldud kotletid pakendati pärast jahutamist ajutiselt toidukilesse ning jäeti külmikusse +3 °C juurde mikrobioloogiliste analüüside läbiviimist ootama, mis tavaliselt toimusid järgneva kahe tunni jooksul, samas pikemaks säilitamiseks mõeldud tooted pakendati kohe pärast jahutamist pakenditesse, millesse viidi N_2 ja CO_2 koosnev gaasisegu. Seega võib 4. päevaks langenud mikroobide üldarvu vähemalt osaliselt selgitada pakendamiseks kasutatud CO_2-ga, mis aitab vähendada paljude mikroorganismide kasvu. Samas ei selgita see 8. päeva kõrgeimaid ning 15. päeva sellest madalamaid näitajaid. Vaadeldes termiliselt töödeldud kotlettide kõiki keskmiseid mikroobide üldarvu väärtuseid, jäävad kõik madalamateks kui käesoleva töö peatükis 1.3.2. tabelis 2 välja toodud valmistoitude (sh kotlettide) rahuldavad ja kriitilised aeroobsete mikroorganismide üldarvu kogused (vastavalt 4,0 ja 5,7 log pmü/g), mille toel saab väita, et kõik antud magistritöös valmistatud erinevate lillkapsa sisaldustega kotletid on samaväärsetel säilitamistingimustel

vähemalt uuritud säilitamisperioodil (15 päeva) mikroobide üldarvu poolest mikrobioloogiliselt ohutud.

3.4. Sensoorse hindamise tulemused

Kuumtöödeldud toodete kolmanda katseseeria 1., 8. ja 15. päeva sensoorsed hindamised viidi läbi vastavalt 16., 23. ja 30. märtsil 2021, sügavkülmutatud toodetel 24. märtsil 2021. Liha-köögiviljakotlettide välimuse, lõikepinna värvuse, lõhna, maitse, tekstuuri, mahlasuse ja üleüldise meeldivuse hindamine toimus 9-punktilisel hedoonilisel skaalal, kus hinded on vahemikus „absoluutselt ei meeldi“ ja „suurepärane“ (1 = absoluutselt ei meeldi, 2 = väga ei meeldi, 3 = ei meeldi, 4 = kergelt ei meeldi, 5 = neutraalne, 6 = kergelt meeldib, 7 = meeldib, 8 = väga meeldib, 9 = suurepärane). Hindajad (Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli ning toiduhügieeni ja rahvatervise õppetooli töötajad) ei olnud kõigil neljal päeval täpselt samas koosseisus. Tulemused on välja toodud käesolevas peatükis tabelis 15.

Sensoorsel hindamisel osalejatel paluti märkida, millisesse vanusevahemikku nad kuuluvad (tabel 14) ning milline on nende sugu. Igal sensoorse analüüsi päeval osales 11 inimest, seega nelja korra peale oli neid kokku 44. Tabel 14 annab ülevaate kokkuvõtvalt kõikide hinnangupäevade kohta. Selgus, et enim hindajaid jäid vanusevahemikku 45–54 eluaastat (21), kolmel korral ei soovitud enda vanust avaldada. Soolise jagunemise tulemustest selgus, et naisterahvaid oli hindajate seas kaks korda enam kui meesterahvaid (vastavalt 26 ja 13). Viiel korral ei soovitud enda sugu avaldada.

Tabel 14. Sensoorsete hindajate vanuseline profiil

Vanuserühm	Arv
Kuni 24	4
25–34	3
35–44	6
45–54	21
55 ja enam	7
Ei avaldatud	3
Kokku	44

Allolevast tabelist 15 selgub, et segude koostis oli välimuse hinnete kujunemisel statistiliselt oluline ($p < 0{,}001$), kuid säilitamisaeg ning segu ja aja koosmõju mitte (p-väärtused vastavalt $p = 0{,}137$ ja $p = 0{,}955$). Säilituspäevade kokku arvestamisel näitasid segud KP, 10/90 ja 30/70 sarnaseid välimuse keskmisi (kõrgeim tulemus ehk 7,14 oli 10/90 segul), mis kõik olid statistiliselt oluliselt kõrgemad kui 50/50 segul ($p \leq 0{,}05$, 50/50 segu keskmine 5,70). Seega saab üldiselt öelda, et suurema lillkapsa sisaldusega tooted meeldisid välimuselt maitsjatele vähem. Ka Zamora *et al*. (2017) ja El-Anany *et al*. (2020: 50–51) uuringutes hinnati suurema lisandi hulgaga (vastavalt leivapuu vili ja lillkapsas) toodete välimust madalamalt. Antud magistritöö 50/50 kotlettide madalamad välimuse hinnangu tulemused võivad olla tingitud toote heledamast värvusest, mis erineb tavalisest, pigem pruunika värvusega kotletist, ning võib seega tunduda tarbijale ebatavalisena. Assessoritel lasti ka soovi korral oma hindeid kommenteerida ning välimuse osas leidsid mitmed, et 50/50 kotletid olid liiga heledad ning seepärast ka välimuselt vähem isuäratavamad kui teised.

Tabel 15. Kuumtöödeldud toodete sensoorse hindamise tulemused erinevate segude korral erinevatel ajahetkedel

Segu	1. päev	8. päev	15. päev	Sügav-külmutatud	Säilituspäevad kokku
Välimus: $p_{Segu} < 0{,}001$; $p_{Aeg} = 0{,}137$; $p_{Segu*Aeg} = 0{,}955$					
KP	7,82 ^{A}	6,82	7,18 ^{AB}	6,55	7,09 ^{A}
10/90	7,45 ^{AB}	6,91	7,45 ^{A}	6,73	7,14 ^{A}
30/70	6,82 ^{AB}	6,45	7,09 ^{AB}	6,73	6,77 ^{A}
50/50	6,00 ^{B}	5,36	5,64 ^{B}	5,82	5,70 ^{B}
Segud kokku	7,02	6,39	6,84	6,45	(SE = 0,447)

Tabeli 15 järg

Segu	1. päev	8. päev	15. päev	Sügav-külmutatud	Säilituspäevad kokku
Lõikepinna värvus: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} = 0,467$; $p_{Segu*Aeg} = 0,913$					
KP	7,00	6,64	7,00	6,27	6,73 ^{A}
10/90	7,00	6,91	7,27	6,55	6,93 ^{A}
30/70	6,64	6,36	6,82	6,55	6,59 ^{A}
50/50	5,45	5,36	6,00	6,18	5,75 ^{B}
Segud kokku	6,52	6,32	6,77	6,39	(SE = 0,435)
Lõhn: $p_{Segu} = 0,438$; $p_{Aeg} = 0,270$; $p_{Segu*Aeg} = 0,984$					
KP	6,36	6,82	7,09	6,73	6,75
10/90	6,36	6,55	7,27	6,73	6,73
30/70	7,00	6,82	6,91	6,45	6,80
50/50	6,18	6,27	6,82	6,09	6,34
Segud kokku	6,48	6,61	7,02	6,50	(SE = 0,441)
Maitse: $p_{Segu} = 0,005$; $p_{Aeg} = 0,204$; $p_{Segu*Aeg} = 0,736$					
KP	7,00 ^{AB}	6,64	7,36	6,82	6,95 ^{AB}
10/90	6,82 ^{AB}	7,00	7,45	6,82	7,02 ^{AB}
30/70	7,55 ^{A}	7,55	7,27	7,09	7,36 ^{A}
50/50	5,82 ^{B}	6,45	7,00	6,45	6,43 ^{B}
Segud kokku	6,80	6,91	7,27	6,80	(SE = 0,363)
Tekstuur: $p_{Segu} = 0,010$; $p_{Aeg} = 0,182$; $p_{Segu*Aeg} = 0,901$					
KP	6,73	6,36	6,91	6,00	6,50 ^{A}
10/90	6,45	7,09	7,09	6,82	6,86 ^{AB}
30/70	7,64	7,36	7,55	7,18	7,43 ^{B}
50/50	6,45	6,73	7,36	6,45	6,75 ^{AB}
Segud kokku	6,82	6,89	7,23	6,61	(SE = 0,398)
Mahlasus: $p_{Segu} < 0,001$; $p_{Aeg} = 0,012$; $p_{Segu*Aeg} = 0,607$					
KP	6,18 ^{ab}	5,64 ^{ab,A}	6,91 ^{a}	5,27 ^{b,A}	6,00 ^{A}
10/90	6,18	6,55 ^{AB}	6,91	6,18 ^{AB}	6,45 ^{A}
30/70	7,55	7,18 ^{B}	7,36	6,91 ^{B}	7,25 ^{B}
50/50	7,18	7,00 ^{AB}	8,00	7,45 ^{B}	7,41 ^{B}
Segud kokku	6,77 ^{ab}	6,59 ^{a}	7,30 ^{b}	6,45 ^{a}	(SE = 0,379)
Üldine meeldivus: $p_{Segu} = 0,001$; $p_{Aeg} = 0,057$; $p_{Segu*Aeg} = 0,611$					
KP	7,09 ^{AB}	6,27	7,09	6,36	6,70 ^{A}
10/90	7,00 ^{AB}	6,64	7,45	7,00	7,02 ^{AB}
30/70	7,64 ^{A}	7,18	7,18	7,27	7,32 ^{B}
50/50	6,18 ^{B}	6,36	7,00	6,36	6,48 ^{A}
Segud kokku	6,98	6,61	7,18	6,75	(SE = 0,313)

Märkused:

1. Samas reas/veerus ülaindeksis sama väike-/suurtähte mitte sisaldavad keskmised on omavahel statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$; Tukey *post-hoc* test), vastavate tähtede puudumine tähendab statistiliselt oluliste erinevuste puudumist.
2. Suurus SE on segude ja ajahetkede kombinatsioonidele vastavate keskmiste standardviga.
3. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Sarnaselt välimusele avaldas ka lõikepinna värvuse tulemustele statistiliselt olulist mõju segude koostis ($p < 0,001$), kuid mitte säilitamine ning segu ja aja koosmõju (p-väärtused vastavalt $p = 0,467$ ja $p = 0,913$) (tabel 15). Iga säilituspäeva eraldi vaadeldes segude vahelisi statistiliselt olulisi erinevusi ei täheldatud ($p > 0,05$), küll aga kokkuvõtvalt vaadates – 50/50 segu kotlettide lõikepinna värvuse keskmised hinded olid oluliselt madalamad kui teistel toodetel (50/50 keskmine hinne 5,75, teistel segudel vahemikus 6,59–6,93, $p \leq 0,05$), kusjuures ülejäänud üksteisest ei erinenud. Ka Minantyo *et al*. (2019: 266) ja Syuhairah *et al*. (2016: 123) uuringud näitasid, et vastavalt *kelor* lehe ning lilla kapsa ja spinatiga toodete värvus meeldib tarbijatele vähem. Sarnaselt üleüldisele välimusele võis ka lõikepinna värvus antud magistritöö kontekstis maitsjatele liiga heledana tunduda.

Toodete lõhn on ainuke hinnatud näitaja, mille puhul ei täheldatud statistiliselt olulist mõju ei segul, ajal ega ka kahe koosmõjul (p-väärtused vastavalt $p = 0,438$, $p = 0,270$, $p = 0,984$) (tabel 15). Samas keskmisi vaadates võib 50/50 segul täheldada veidi madalamaid tulemusi kui teistel. Hindajad tõid mõnel korral välja 50/50 liiga kapsast meenutavat, kuid samas ka nõrka lõhna, KP kohta märgiti ühel juhul, et see lõhnab imelikult. Minantyo *et al*. (2019: 266) uuringus andsid hindajad samuti suurema lisandi (*kelor* lehe) osakaaluga toodetele madalamaid lõhna hindeid kui teistele toodetele, Syuhairah *et al*. (2016: 123) uuringus aga said lõhna poolest tugevaimad tulemused kontrollsegu ning porgandiga ja austerservikuga vorstid.

Liha-köögiviljakotlettide maitse hinnetel omasid segude vahelised erinevused statistilist olulisust ($p = 0,005$), säilitamine ning segu ja aja koosmõju aga mitte (p-väärtused vastavalt $p = 0,204$ ja $p = 0,736$) (tabel 15). Säilituspäevi kokku võttes sai kõrgeima tulemuse 30/70, mis oli statistiliselt oluliselt erinev madalaima hinde saanud 50/50-st (keskmised vastavalt 7,36 ja 6,43, $p \leq 0,05$). Sarnased seosed tulid esile ka 1. päeval, kuid 30/70 keskmine hinne oli sel päeval veel kõrgem (7,55, mis jääb hinnete „meeldib“ ja „väga meeldib“ vahele) ja 50/50 hinne oluliselt madalam (5,82, mis jääb hinnete „neutraalne“ ja „kergelt meeldib“ vahele) ($p \leq 0,05$). KP ja 10/90 maitse hinded jäid suhteliselt samasse suurusjärku teiste mainitud segude vahele. Sarnaselt käesolevale tööle hinnati ka Syuhairah *et al*. (2016: 123) uuringus paprika, porgandi ja austerservikuga vorste maitsvamateks kui lisandita tooteid, vähem maitsesid spinatiga ja lilla kapsaga vorstid. El-Anany *et al*. (2020: 50–51) uuringus jällegi said tugevamad hinded kontrollpartii ja 5% lillkapsa sisaldusega nagitsad, sarnast langust näitasid maitse osas ka Minantyo *et al*. (2019: 266) ja Bhosale *et al*. (2011: 237)

uuringud. Zamora *et al*. (2017) uuringus langesid maitse hinded leivapuuvilja lisamisega. Vaadeldes käesoleva magistritöö hindajate kommentaare, leidus mitu inimest, kelle arvates oleks võinud maitseainevalik veidi erinev olla või soola- ja piprakogust vähendada (soolasus on miski, mis tugevalt sõltub hindajate maitse-eelistustest). 10/90 ja eriti KP juures toodi välja veidrat kõrvalmaitset. Samas kiitsid paljud assessorid kõikide segude maitset. Seega saab maitse osas järeldada, et teatud koguses lillkapsa lisamine võib toote maitsele positiivselt mõjuda, kuid seda liialt tehes võivad hinded madalamaks muutuda.

Sarnaselt maitsele omasid ka kotlettide tekstuuri puhul segude vahelised erinevused statistilist olulisust ($p = 0{,}010$), kuid mitte säilitamine ning segu ja aja koosmõju (p-väärtused vastavalt $p = 0{,}182$ ja $p = 0{,}901$) (tabel 15). Analüüsipäevi eraldi vaadates segude vahelisi statistiliselt olulisi erinevusi pole ($p > 0{,}05$), kuid kokkuvõtvalt näitasid 30/70 kotletid oluliselt paremaid tekstuuri hindeid kui KP ($p \leq 0{,}05$, keskmised vastavalt 7,43 ja 6,50), ülejäänud kahe segu hinded jäid nende vahepeale. Ka El-Anany *et al*. (2020: 50–51) ja Syuhairah *et al*. (2016: 123) uuringutes said lisanditega tooted kõrgema tekstuuri hinde kui kontrollpartii, v.a viimase puhul spinati ja lilla kapsaga tooted. Zamora *et al*. (2017), Bhosale *et al*. (2011: 237) ja Minantyo *et al*. (2019: 266) uuringutes taimse lisandiga toodete tekstuuri hinded aga langesid. Kõrvutades sensoorse hinnangu tekstuuri tulemusi peatükis 3.2.2. tabelis 9 välja toodud lõiketugevustega, võib öelda, et tarbijad eelistavad madalama lõiketugevusega tooteid (30/70 lõiketugevus oli umbes kaks korda madalam kui KP), kuid 50/50 tekstuuri sensoorne hinne näitas, et see segu on maitsjate jaoks liiga pehme (samas hinnati ka seda positiivselt). KP lõiketugevus oli kõige kõrgem ning tekstuuri sensoorne hinne kõige madalam, täiendavalt mainiti märkuste lahtrites korduvalt, et tekstuur on liiga tihke, tuim ja kummine, KP-st natuke vähem hinnati tuimaks ja tihkeks 10/90 segu. Siinkohal tasub mainida, et toodete retseptides kasutatud herne- ja nisukiu ning riivsaia lisamisel lähtuti sellest, et saavutataks rohkema lillkapsaga toodetel parem siduvus (suurema lihasisaldusega tooted sellistes kogustes siduvaid aineid ei vaja ning seega kasutatud retseptiga tulid KP ja ka 10/90 tooted kummisemad ja tihkemad kui traditsioonilised jaekaubanduses müüdavad kotletid). Suurema lillkapsa sisaldusega toodete juures kiideti pehmet tekstuuri ning lillkapsatükkide küpsusastet.

Mahlasuse hinnete kujunemisel omas statistiliselt olulist mõju segude koostis ($p < 0{,}001$) ja ka säilitamine ($p = 0{,}012$), kuid mitte segu ja aja koosmõju ($p = 0{,}607$) (tabel 15). Säilitamisfaktorit kokku võttes said oluliselt kõrgemad mahlasuse tulemused suurte lillkapsa

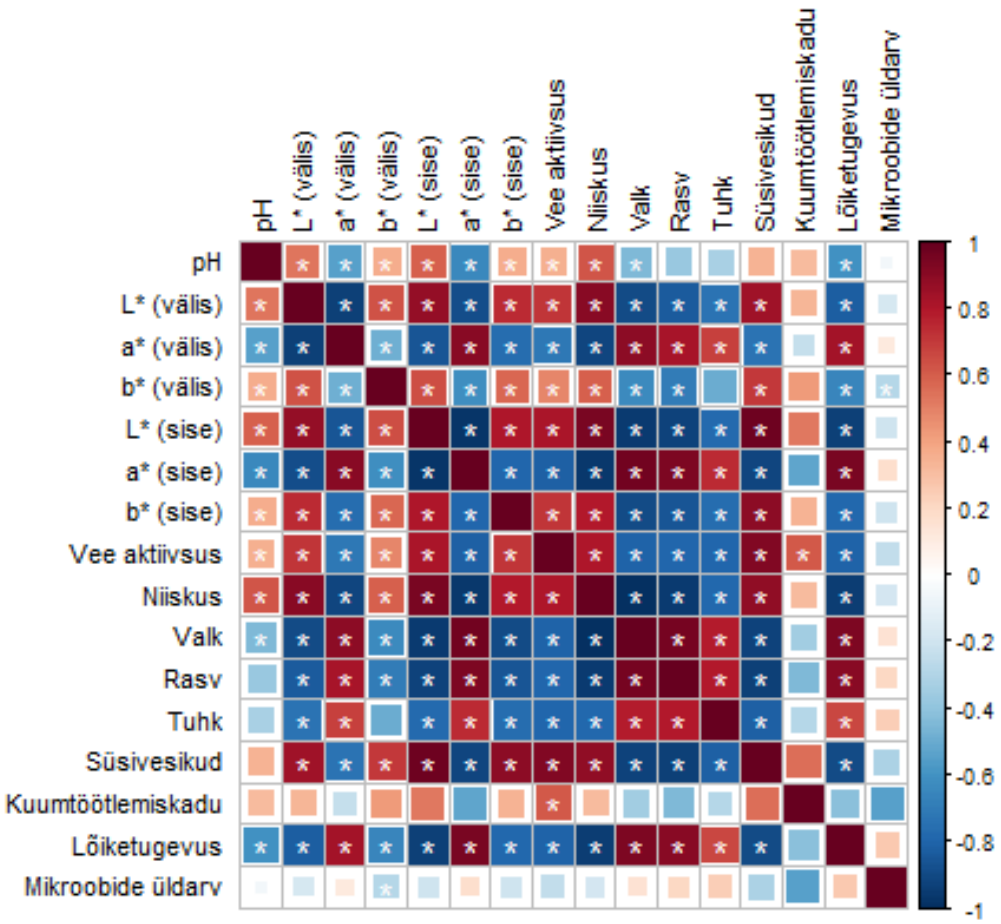
osakaaludega 30/70 ja 50/50 segud (vastavalt 7,25 ja 7,41), võrreldes 10/90 ja kontrollpartiiga (vastavalt 6,45 ja 6,00, $p \leq 0,05$). Päevi eraldi vaadates erinesid üksteisest oluliselt vaid 8. päeva KP ja 30/70, millest viimane sai päeva kõrgeima keskmise hinde (7,18), ning sügavkülmutatud 30/70 ja 50/50 KP-st, millest viimane sai hindamispäeva madalaima hinde (vaid 5,27). 15. säilituspäeval näitas suurima lillkapsa sisaldusega toode koguni 8,00 keskmist tulemust ehk see meeldis hindajatele väga. Magistritööga vastupidiseid tulemusi näitasid nii Bhosale *et al*. (2011: 237) kui ka El-Anany *et al*. (2020: 50–51) uuringute tulemused, kus suurema taimse lisandi kogusega (vastavalt porgand ja bataat ning lillkapsas) langesid ka maitsjate hinnangul toodete mahlasused. Käesoleva töö kotlettide mahlasust kommenteerides avaldasid assessorid, et KP ja 10/90 on liiga kuivad, 30/70 ja 50/50 aga vastupidiselt mahlased, kuid ühel juhul arvati viimane olevat liiga vesine. Suurema lillkapsa sisaldusega toodete mahlasus on selgitatav nende kõrgema niiskusesisaldusega (peatükk 3.2.2., tabel 9). Vaadates mahlasuse hindeid säilitamise poole pealt, on 15. päeva ja sügavkülmutatud KP hinded üksteisest statistiliselt oluliselt erinevad ($p \leq 0,05$, keskmised vastavalt 6,91 ja 5,27). Seega sai sügavkülmutatud KP kõige kehvema mahlasuse hinde. Ka kokkuvõtvalt on samade säilitamisaegade vahel näha olulist erinevust, lisaks ka 8. ja 15. päeva vahel (viimase keskmine hinne ehk 7,30 on kõrgeim, $p \leq 0,05$).

Sensoorse hindamise üldise meeldivuse juures omas segu koostis statistiliselt olulist mõju ($p = 0,001$), säilitamine ning aja ja segu koosmõju aga mitte (p-väärtused vastavalt $p = 0,057$ ja $p = 0,611$) (tabel 15). Kõiki säilitamispäevi koos arvestades meeldis hindajatele enim 30/70 ja 10/90 segud, millest esimese keskmine hinne on oluliselt kõrgem kui 50/50 kotletil ja kontrollsegul (30/70 keskmine hinne 7,32, 50/50 segul 6,48, $p \leq 0,05$). Veel tuvastati segude vaheline erinevus 1. päeva 30/70 ja 50/50 vahel (keskmised vastavalt 7,64 ja 6,18, $p \leq 0,05$). Seega eelistasid hindajad üldiselt enim 30/70 kotlette ning seejärel 10/90 segu. Minantyo *et al*. (2019: 266) ja El-Anany *et al*. (2020: 50–51) uuringutes said parimad hinded küll kontrollpartii, kuid segude vaheliselt siiski olulist erinevust ei täheldatud. Sarnaselt antud magistritööle said Syuhairah *et al*. (2016: 123) uuringus paprikaga, porgandiga ning austerservikuga vorstid suurema üleüldise skoori kui kontrollpartii. Bhosale *et al*. (2011: 237) ja Zamora *et al*. (2017) uuringutes meeldisid hindajatele kõige vähem suurima lisandikogusega (vastavalt porgandi ja maguskartuli ning leivapuu viljaga) tooted. Antud töös sai 30/70 assessorite lemmikuks ilmselt selle mahlasuse, pehme tekstuuri ning hea maitse tõttu. Sensoorse hindamise lehtedel märgiti ka kommentaarides enda lemmikuks enim just seda kotletti. Samas sooviksid tarbijad kotletile kõrgemat pruunistusastet. Kuigi

säilitamisel hinnetele olulist mõju ei täheldatud, võib siiski 15. päeval reeglina näha kõrgemaid hindeid kui teistel päevadel (v.a 30/70 segul, mis sai parima tulemuse 1. hindamispäeval).

3.5. Kuumtöödeldud toodete erinevate omaduste omavahelised seosed

Kuumtöödeldud toodete erinevate omaduste omavaheliste seoste uurimiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi, kus nõrgaks seoseks loeti $|r| \leq 0{,}30$, keskmise tugevusega seoseks $0{,}30 < |r| < 0{,}70$ ja tugevaks seoseks $|r| \geq 0{,}70$. Võrdlused teostati nii segude põhiselt (lisa 7, joonis 9) kui ka kõikide segudega koos (käesolevas peatükis joonis 3). Kiudainete sisalduse ja muude näitajate vahelisi seoseid antud metoodikaga analüüsida ei saanud, kuna kiudainete sisaldused olid sama segu erinevates partiides ühesugused. Joonis 3 korrelatsioonikordajate täpseid numbrilisi väärtusi ei kajasta, kuid selguse mõttes tuuakse antud peatükis neist mõned välja. Jooniselt 3 saab välja tuua, et toodete niiskusesisaldusel on tugev positiivne seos kotlettide välis- ja lõikepinna L*-väärtustega ning need seosed on ka statistiliselt olulised (vastavad korrelatsioonikordajad 0,91 ja 0,94, $p < 0{,}05$), mis on tingitud suurema lillkapsa sisaldusega (ning seetõttu suurema niiskusesisaldusega) kotlettide tugevamast heledusest.



Joonis 3. Kuumtöödeldud toodete erinevate näitajate omavahelised seosed hinnatuna lineaarse korrelatsioonanalüüsiga üle kõigi segude ja ajahetkede.

Märkus. Mida intensiivsem on lahtri värv, seda tugevam on seos, punase ja sinise värviga on märgitud vastavalt positiivsed ja negatiivsed seosed, tärniga on märgitud statistiliselt olulised seosed ($p < 0,05$).

Jooniselt 3 selgus ka, et süsivesikute sisalduse suurenemisel toodete lõiketugevus väheneb ($r = -0,89$, $p < 0,05$), mis on tingitud peatükkides 3.2.2. ja 3.2.5. välja toodud segude vahelistest muutustest. Mikroobide üldarvu ja pH ning vee aktiivsuse vahel tuvastati mõlemal puhul negatiivne nõrk korrelatsioon (vastavad korrelatsioonikordajad −0,06 ja −0,25, $p > 0,05$), mis näitavad, et antud töös pH ja vee aktiivsus mikroobide üldarvu oluliselt ei mõjutanud. Tugevaim korrelatsioon on mikroobide üldarvul kuumtöötlemiskaoga, kus leiti keskmise tugevusega negatiivne seos ehk ühe tunnuse suurenedes teine väheneb ($r = -0,55$, $p > 0,05$).

JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Magistritöös selgunud peamised tulemused ja tähtsamad järeldused:

- Lillkapsa lisamine suurendas kuumtöötlemata ja -töödeldud toodete pH-d ja niiskusesisaldust;
- Kuumtöödeldud KP 1. ja 4. päeva pH väärtused olid kõrgemad kui 8. päeval, sarnane tendents oli 50/50 segu 4. ja 15. päeva vahel;
- Lillkapsa lisamine alandas kuumtöötlemata ja -töödeldud toodete valgu-, rasva- ja tuhasisaldusi;
- Magistritöös leitud kuumtöödeldud toodete kiudainete sisaldusi ei saa küll kasutatud arvutusmetoodika tõttu omavahel statistiliselt võrrelda, kuid siiski saab järeldada, et lillkapsa lisamine suurendab teatud määral toodete kiudainete sisaldusi. Lisaks suurendas lillkapsa lisamine oluliselt kuumtöödeldud toodete süsivesikute sisaldusi;
- Lillkapsa lisamine lihatoodete kuumtöötlemiskaole olulist mõju ei avaldanud;
- Lillkapsa lisamine tõstis oluliselt kuumtöödeldud toodete vee aktiivsust ehk vaba vee olemasolu. Säilituspäevade lõikes oli kõrgeim vee aktiivsus sügavkülmutatud kotlettides;
- Lillkapsa lisamine langetas oluliselt lihatoodete lõiketugevusi. Säilitamisel näitasid madalamaid lõiketugevusi KP ja 30/70 sügavkülmutatud tooted;
- Lillkapsa lisamine tõstis oluliselt toodete välis- ja lõikepindade L*-väärtuseid, kotlettide säilitamine muutis toodete välispinna heledamaks;
- Lillkapsa lisamine langetas oluliselt kotlettide välis- ja lõikepindade a*-väärtuseid, säilitamine langetas üksikutel juhtudel kotlettide välispinna punasust;
- Lillkapsa osakaalu suurenemisega toodetes kasvasid viimaste välis- ja lõikepinna b*-väärtused, seega muutusid lihatooted kollasemateks. Säilitamine avaldas toodete kollasus-sinisusele olulist mõju, väljendudes kõrgemates sügavkülmutatud toodete b*-väärtustes;
- Suurima lillkapsa sisaldusega kuumtöötlemata toodete mikroorganismide üldarv oli oluliselt madalam kui kontrollsegul, seega tuvastati happelisema keskkonnaga kuumtöötlemata kotlettides kõrgem mikroobide üldarvu sisaldus (seal on optimaalsem keskkond atsidofiilsete mikroorganismide arenguks);
- Kuumtöödeldud toodete mikroobide üldarvu juures segude vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei tuvastatud, küll aga sai välja tuua teatud sisulisi erinevusi. Madalaim mikroobide üldarv oli 30/70 segus ning kõrgeimad KP-s ja 10/90 segudes;

- Antud töös suurema lillkapsa sisaldusega kuumtöödeldud toodete kõrgem pH ja vee aktiivsus ei toonud kaasa mikroobide üldarvu tõusu, mis lükkab ümber töös püstitatud hüpoteesi, et lihatoodetesse lisatav lillkapsas mõjub toote mikrobioloogilisele säilivusele negatiivselt;
- Kõrgeim mikroobide üldarv tuvastati toodete säilitamise 8. päeval, mis oli oluliselt kõrgem kui 4. ja 15. päeval, lisaks oli 4. päeva mikroobide üldarv oluliselt madalam kotlettide valmistamise päevast;
- Mikrobioloogiliste analüüside tulemustest saab järeldada, et kõik töös valmistatud kotletid on antud säilitamistingimustes kogu 15-päevase säilitusperioodi vältel mikroobide üldarvu poolest mikrobioloogiliselt ohutud;
- Lillkapsa lisamine langetas oluliselt sensoorse hindamise välimuse ja lõikepinna värvuse hindeid;
- Toodete lõhna hinnetele lillkapsa lisamine olulist mõju ei avaldanud;
- Maitse osas sai parima tulemuse 30/70, madalaima 50/50, seega tõusis lillkapsa lisamisega teatud määrani toodete maitse hinded. Tekstuuri osas eelistati 30/70 segu ning KP sai madalaima tulemuse, seega eelistasid hindajad tekstuuri osas madalama lõiketugevusega tooteid;
- Lillkapsa lisamine tõstis oluliselt toodete mahlasuse hindeid. Parima üldise aktsepteeritavuse hinde sai 30/70, madalaima 50/50, seega leidis püstitatud hüpotees, et lihatoote rasvasuse alanemisega tõuseb toote üldine sensoorne aktsepteeritavus, vähemalt osaliselt kinnitust;
- Lillkapsa lisamisel on positiivne mõju toote sensoorsetele omadustele ning selle lisamine aitab vähendada oluliselt kotlettide rasvasisaldust ning tõsta süsivesikute sisaldust;
- Lillkapsa liigne osakaal võib toote sensoorseid omadusi negatiivselt mõjutada.

Antud magistritöö käigus tekkisid järgnevad ettepanekud edaspidisteks uuringuteks:

- teostada mikrobioloogilised säilivuskatsed sensoorselt enim aktsepteeritud toodetele (30/70) pikkusega 21 ja 28 päeva ning uurida pikaaegselt külmutatuna säilitatud toote mikrobioloogilisi ja füüsikalis-keemilisi parameetreid;
- uurida täiendavalt lillkapsa lisamise mõju toote kiudainete sisaldusele (metoodikaga, mis lubab tulemusi ka statistiliselt analüüsida), kasutades lillkapsast, mille kiudainete sisaldus on võrdväärne Tervise Arengu Instituudi andmebaasis välja toodud andmetega;
- uurida köögiviljade mõju lihatoodete vitamiinisisaldusele;
- uurida köögiviljade mõju lihatoodete oksüdatsiooniprotsessidele.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli erialase kirjanduse läbitöötamise ja eksperimentaalse osa abil uurida, kas värskete või külmutatud köögiviljadega on võimalik vähendada lihatoodete lihasisaldust toodete üldkvaliteeti oluliselt mõjutamata ning kuidas need taimsed lisandid mõjutavad lõpptoote füüsikalis-keemilisi, mikrobioloogilisi ning sensoorseid omadusi. Eesmärgi saavutamiseks valmistati neli erinevat kotletisegu – ilma lillkapsata kontrollsegu (KP) ning 10 ja 90% (10/90), 30 ja 70% (30/70) ning 50 ja 50% (50/50) vastavalt lillkapsa ja seahakkliha omavaheliste protsentuaalsete jagunemistega segud. Kuumtöötlemata ja -töödeldud toodete peal viidi 15-päevalisel säilitusperioodil kindlatel päevadel läbi mikrobioloogilised ja füüsikalis-keemilised analüüsid ning sensoorne hindamine, osad analüüsid teostati ka sügavkülmutatud kotlettides.

Kuumtöödeldud jahutatud kotlette säilitati pakendatuna katsepäevade lõpuni (15 päeva) ning kuumtöötlemata ja -töödeldud (osa termiliselt töödeldud partiist ka sügavkülmutati) toodetel mõõdeti või arvutati kindlatel päevadel tuha-, valgu-, rasva-, niiskuse-, kiudainete- ja süsivesikute sisaldused, mõõdeti pH-d, vee aktiivsust, värvust, lõiketugevust, arvutati kuumtöötlemiskadu ja hinnati mikroobide üldarvu. Kuumtöödeldud kotlettidega (k.a sügavkülmutatud) viidi läbi sensoorne hindamine. Põhitoorainena kasutatud seahakklihal ja lillkapsal mõõdeti pH-d ning niiskuse-, tuha- ja valgusisaldusi, hakklihal veel lisaks rasva- ja lillkapsal kiudainete sisaldust.

Käesoleva töö eksperimentaalses osas selgus, et lillkapsa sisalduse suurenemine tõstis oluliselt kuumtöötlemata ja -töödeldud kotlettide pH-väärtust ja niiskusesisaldust, mis on tingitud vastavalt taimse lisandi suuremast aluselisusest ja niiskusesisaldusest võrdluses seahakklihaga. Kontrollsegu puhul avaldas säilitamine statistiliselt olulist mõju kuumtöödeldud kotlettide pH-le, kus 1. ja 4. päeva väärtused olid kõrgemad kui 8. säilituspäeval. Sarnane pH langus toimus ka kuumtöödeldud 50/50 segu 4. ja 15. päeva vahel. Viimased tulemused võivad olla selgitatavad pakkegaasina kasutatud CO_2 mõningase imendumisega toodetesse, mis tõi kaasa kerge pH alanemise. Kuumtöötlemata ja -töödeldud toodete rasva-, valgu- ja tuhasisaldused kahanesid lillkapsa lisamisega oluliselt, mille

põhjuseks on viimase madalamad tuha-, valgu- ja rasvasisaldused, võrreldes kasutatud lihatoorainega. Lillkapsa lisamine toodete kuumtöötlemiskaole olulist mõju ei avaldanud.

Lillkapsa lisamine tõstis oluliselt kotlettide vee aktiivsust ehk vaba vee olemasolu, mis on kahjuks heaks keskkonnaks mikroorganismide arenguks. Segude vaheline vee aktiivsuse tõus on põhjendatav lihavalkude hulga vähenemisega tootes, mis teeb vee sidumise kotletis raskemaks, ning ka sellega, et lillkapsas sisalduvad kiudained ei suuda lihavalkudega samaväärselt vett siduda. Toodete säilitamisel tuvastati oluliselt kõrgem vee aktiivsus sügavkülmutatud toodetel.

Lillkapsa lisamine alandas märgatavalt kuumtöödeldud kotlettide lõiketugevusi, mis võis olla tingitud toodete suuremast vaba vee olemasolust ning seetõttu ka väiksemast seotusest. Samuti sisaldavad suurema lillkapsa osakaaluga tooted vähem lihavalke, mis vett ning toote koostisosi omavahel tugevamalt seoksid. Sügavkülmutamine alandas oluliselt KP ja 30/70 lõiketugevusi.

Kuumtöödeldud kotlettide välis- ja lõikepindade L*-väärtused ehk heledused kasvasid oluliselt lillkapsa osakaalu suurenemisega, kuna kasutatud taimse lisandi värvus oli oluliselt heledam kui sealihal. Toodete säilitamine avaldas olulist mõju kõikide segude (v.a 50/50) välispinna L*-väärtustele, muutudes heledamaks, mida võib teatud määral põhjendada pakendamisel kasutatud CO_2 mõjuga toodete värvusele, mis vähemalt liha puhul toob kaasa viimase värvuse helenemise. Samas erinevatele allikatele tuginedes peaks MAP toote värvust hoopis stabiliseerima. Toodete välis- ja lõikepinna L*-väärtuste ja niiskusesisalduse vahel tuvastati statistiliselt olulised tugevad positiivsed seosed (vastavalt $r = 0,91$ ja $r = 0,94$), mida põhjustas suurema lillkapsa sisaldusega ning seeläbi ka suurema niiskusesisaldusega toodete tugevam heledus.

Lillkapsa lisamine langetas oluliselt toodete a*-väärtuseid ehk toodete punasus vähenes ning rohelisus tõusis, mis on põhjendatav lillkapsa valkja värvusega. Üksikutel juhtudel (nt 30/70 välispinnal või kõiki segusid kokku võtvalt 8. ja 15. päeva tooted) langetas säilitamine kotlettide välispinna punasust, mida võib samuti osaliselt põhjendada CO_2 kasutamisega pakkegaasina. Lillkapsa koguse suurenemisega kasvasid oluliselt nii välis- kui lõikepinna b*-väärtused ehk lihatooted muutusid kollasemateks, tingituna jällegi lillkapsale omasest värvusest. Säilitamine avaldas toodete kollasus-sinisusele olulist mõju, väljendudes sügavkülmutatud toodete kõrgemates b*-väärtustes.

Kuigi töös leitud kotlettide kiudainete sisaldusi ei saa kasutatud arvutusmetoodika tõttu omavahel statistiliselt võrrelda, võib tulemustest järeldada, et lillkapsa lisamine suurendab teatud määral toodete kiudainete sisaldusi. Samas oli käesolevas töös kasutatud lillkapsa kiudainete sisaldus oluliselt madalam kui Tervise Arengu Instituudi andmebaasis välja toodud lillkapsal. Samuti tõstis lillkapsas oluliselt toodete süsivesikute sisaldust, kuna lillkapsal on nende sisaldus umbes viis korda kõrgem kui sealihal. Korrelatsioonianalüüsist selgus, et süsivesikute sisalduse suurenemisel toodete lõiketugevused alanevad ($r = -0{,}89$).

Kuumtöötlemata 50/50 segu mikroobide üldarv oli oluliselt madalam kui kontrollsegul, seega oli happelisema keskkonnaga kuumtöötlemata kotlettides kõrgem mikroorganismide üldarvu sisaldus. Kuigi lillkapsa lisamine kuumtöödeldud toodete mikroobide üldarvule statistiliselt olulist mõju ei avaldanud, näitas siiski madalaimaid tulemusi 30/70 ning kõrgeimaid KP ja 10/90 segud. Lisatud lillkapsal võis toodetes olla antimikroobne efekt, samas 50/50 mikroobide üldarv oli kõrgem kui 30/70 segul. Seega ei toonud lillkapsa lisamine (ning sellega kaasnev pH ja vee aktiivsuse tõus) lihatoodetesse kaasa mikroobide üldarvu tõusu (seda kinnitas ka korrelatsioonianalüüs). Säilitamisel olid 8. päeva mikroobide üldarvu näitajad oluliselt kõrgemad kui 4. ja 15. päeval ning valmistamise päeva näitajad olid arvuliselt kõrgemad kui 4. päeval – viimast võib vähemalt osaliselt selgitada pakendamiseks kasutatud CO_2 mikroorganismide kasvu pärssiva mõjuga, samas ei põhjenda see 8. päeva kõrgeimaid ning 15. päeva sellest madalamaid mikroobide üldarvu näitajaid. Mikrobioloogiliste analüüside tulemustest saab ka järeldada, et kõik magistritöös valmistatud tooted on antud säilitamistingimustes kogu 15-päevase säilitamisperioodi vältel mikroobide üldarvu poolest mikrobioloogiliselt ohutud.

Sensoorsel hindamisel selgus, et lillkapsa lisamine langetas oluliselt toodete välimuse ja lõikepinna värvuse hindeid, põhjustatuna nende toodete heledamast värvusest. Lõhna hinnetes olulisi erinevusi ei tuvastatud, kuid ka seal võib täheldada 50/50 segu madalamaid tulemusi võrdluses teistega. Maitse osas tõusis lillkapsa lisamisega teatud määrani toodete maitse hinded, kus parima hinde saanud 30/70 näitas oluliselt kõrgemat tulemust kui madalaima hinde saanud 50/50. Tekstuuri poole pealt eelistati enim 30/70 toodet, mille keskmine hinne oli oluliselt kõrgem madalaima hinde saanud kontrollsegust, mis näitab, et hindajad eelistasid tekstuuri osas enamasti madalama lõiketugevusega tooteid. Lillkapsa lisamine tõstis oluliselt toodete mahlasuse hindeid, mis on selgitatav taimse lisandiga toodete suurema niiskusesisaldusega. Lillkapsa lisamine mõjutas oluliselt ka kotlettide üldist

aktsepteeritavust, kus parima hinde sai 30/70 ning madalaima 50/50. Hindajatele avaldas muljet 30/70 mahlasus, maitse ning pehme tekstuur.

Käesoleva magistritöö eesmärk sai täidetud. Töös püstitatud hüpotees, et lihatoodetesse lisatav lillkapsas mõjub toote mikrobioloogilisele säilivusele negatiivselt, ei leidnud kinnitust. Hüpotees, et lihatoote rasvasuse alanemisega tõuseb toote üldine sensoorne aktsepteeritavus, leidis osaliselt kinnitust. Töö tulemustest selgus, et lillkapsa lisamisel on positiivne efekt toote sensoorsetele omadustele ja selle lisamine tõstab toote süsivesikute sisaldust. Samas lillkapsa liigne osakaal võib toote sensoorsetele omadustele negatiivselt mõjuda.

Antud magistritöö käigus tekkisid järgnevad ettepanekud edaspidisteks uuringuteks:

- teostada mikrobioloogilised säilivuskatsed sensoorselt enim aktsepteeritud toodetele (30/70) pikkusega 21 ja 28 päeva ning uurida pikaaegselt külmutatuna säilitatud toote mikrobioloogilisi ja füüsikalis-keemilisi parameetreid;
- uurida täiendavalt lillkapsa lisamise mõju toote kiudainete sisaldusele (metoodikaga, mis lubab tulemusi ka statistiliselt analüüsida), kasutades lillkapsast, mille kiudainete sisaldus on võrdväärne Tervise Arengu Instituudi andmebaasis välja toodud andmetega;
- uurida köögiviljade mõju lihatoodete vitamiinisisaldusele;
- uurida köögiviljade mõju lihatoodete oksüdatsiooniprotsessidele.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aamer, R. A., Emara, H. H. (2016). Effect of Using Cauliflower (*Brassica oleracea*) to Improve Quality Characteristics of Tuna Fish Burger. – *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 61, No. 6, pp. 611–626.

Aaslyng, M. D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H. C., Andersen, H. J. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. – *Food Quality and Preference*. Vol. 14, No. 4, pp. 277–288.

Abdel-Naeem, H. H. S., Mohamed, H. M. H. (2016). Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. – *Meat Science*. Vol. 118, pp. 52–60.

Adams, M., Moss, M. (2007). Food Microbiology (2nd ed.). – *Royal Society of Chemistry*. [veebileht] https://www.perlego.com/book/787760/food-microbiology-pdf (17.03.2021).

Ahmed, F. A., Ali, R. F. M. (2013). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Fresh and Processed White Cauliflower. – *BioMed Research International*. Vol. 2013.

Ahn, J., Grün, I. U., Fernando, L. N. (2006). Antioxidant Properties of Natural Plant Extracts Containing Polyphenolic Compounds in Cooked Ground Beef. – *Journal of Food Science*. Vol. 67, No. 4, pp. 1364–1369.

Al-Juhaimi, F. Y., Babtain, I. A., Ahmed, I. A. M., Alsawmahi, O. N., Ghafoor, K., Adiamo, O. Q., Babiker, E. E. (2020). Assessment of oxidative stability and physicochemical, microbiological, and sensory properties of beef patties formulated with baobab seed (*Adansonia digitata*) extract. – *Meat Science*. Vol. 162, pp. 1–7.

AOAC. (2016). Official Methods of Analysis (20th ed., Vol. 1). AOAC International, Rockville.

Bhosale, S. S., Biswas, A. K., Sahoo, J., Chatli, M. K., Sharma, D. K., Sikka, S. S. (2011). Quality Evaluation of Functional Chicken Nuggets Incorporated with Ground Carrot and Mashed Sweet Potato. – *Food Science and Technology International*. Vol. 17, No. 3, pp. 233–239.

Bingham, S. A., Day, N. E., Luben, R., Ferrari, P., Slimani, N., Norat, T., Clavel-Chapelon, F., Kesse, E., Nieters, A., Boeing, H., Tjønneland, A., Overvad, K., Martinez, C., Dorronsoro, M., Gonzalez, C. A., Key, T. J., Trichopoulou, A., Naska, A., Vineis, P., Tumino, R., Krogh, V., Bueno-de-Mesquita, H. B., Peeters, P. H. M., Berglund, G., Hallmans, G., Lund, E., Skeie, G., Kaaks, R., Riboli, E. (2003). Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. – *The Lancet*. Vol. 361, No. 9368, pp. 1496–1501.

British Nutrition Foundation. (2018). A healthy, balanced diet. [veebileht] https://www.nutrition.org.uk/healthyliving/healthydiet/healthybalanceddiet.html (27.12.2019).

Burt, S. A., Reinders, R. D. (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. – *Letters in Applied Microbiology*. Vol. 36, No. 3, pp. 162–167.

Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba-Orellana, S., Mattar, J., Rimac Brnčić, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M. (2019). Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. – *Journal of Food Processing and Preservation*. Vol. 43, No. 5.

Chen, L., Li, C., Ullah, N., Guo, Y., Sun, X., Wang, X., Xu, X., Hackman, R. M., Zhou, G., Feng, X. (2016). Different physicochemical, structural and digestibility characteristics of myofibrillar protein from PSE and normal pork before and after oxidation. – *Meat Science*. Vol. 121, pp. 228–237.

Czerwonka, M., Szterk, A. (2015). The effect of meat cuts and thermal processing on selected mineral concentration in beef from Holstein–Friesian bulls. – *Meat Science*. Vol. 105, pp. 75–80.

Djinovic, J., Popovic, A., Jira, W. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. – *Meat Science*. Vol. 80, No. 2, pp. 449–456.

El-Anany, A. M., Ali, R. F. M., Elanany, A. M. M. (2020). Nutritional and quality characteristics of chicken nuggets incorporated with different levels of frozen white cauliflower. – *Italian Journal of Food Science*. Vol. 32, No. 1, pp. 45–59.

Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 1881/2006. (vastu võetud 19.12.2006, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 23.09.2020). Teatavate saasteainete piirnormid toiduainetes. – *EUR-Lex*. [veebileht] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1881-20201014&qid=1620195501249 31 lk. (05.05.2021).

Euroopa Komisjoni määrus (EÜ) nr 2073/2005. (vastu võetud 15.11.2005, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 14.02.2020). Toiduainete mikrobioloogilised kriteeriumid. – *EUR-Lex*. [veebileht] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02005R2073-20200308&qid=1608449462598 32 lk. (17.03.2021).

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004. (vastu võetud 29.04.2004, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 07.12.2020). Loomset päritolu toidu hügieeni erireeglid. – *EUR-Lex*. [veebileht] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02004R0853-20210101 80 lk. (27.03.2021).

EVS-EN ISO 4833-1:2013. Toiduahela mikrobioloogia. Mikroorganismide loendamise horisontaalne meetod. Osa 1: Kolooniate loendamine sügavkülvi tehnikat kasutades temperatuuril 30 °C. Tallinn: Eesti Standardikeskus.

EVS-ISO 1442:1999. Liha ja lihatooted „Niiskusesisalduse määramine (põhimeetod)“. Tallinn: Eesti Standardikeskus.

EVS-ISO 937:1978. Meat and meat products – Determination of nitrogen content (Reference method). Tallinn: Eesti Standardikeskus.

Fabbri, A. D. T., Crosby, G. A. (2016). A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. – *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Vol. 3, pp. 2–11.

Ferguson, L. R. (2010). Meat and Cancer. – *Meat Science*. Vol. 84, No. 2, pp. 308–313.

Hawashin, M. D., Al-Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Ghafoor, K., Babiker, E. E. (2016). Physicochemical, microbiological and sensory evaluation of beef patties incorporated with destoned olive cake powder – *Meat Science*. Vol. 122, pp. 32–39.

Hu, S.-H., Wang, J.-C., Kung, H.-F., Wang, J.-T., Lee, W.-L., Yang, Y.-H. (2004). Antimicrobial Effect of Extracts of Cruciferous Vegetables. – *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. Vol. 20, No. 12, pp. 591–599.

Huang, F., Huang, M., Xu, X., Zhou, G. (2010). Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 91, No. 3, pp. 443–448.

Huber, E., Francio, D. L., Biasi, V., Mezzomo, N., Salvador Ferreira, S. R. (2016). Characterization of vegetable fiber and its use in chicken burger formulation. – *Journal of Food Science and Technology*. Vol. 53, No. 7, pp. 3043–3052.

Huff-Lonergan, E. (2010). Chemistry and Biochemistry of Meat. – Handbook of meat processing / Ed. F. Toldra. First edition. Wiley-Blackwell publishing. 566 lk.

Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. – *Meat Science*. Vol. 71, No. 1, pp. 194–204.

Ijaz, M., Li, X., Zhang, D., Hussain, Z., Ren, C., Bai, Y., Zheng, X. (2020). Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. – *Meat Science*. Vol. 161.

ISO 6887-2:2017. Microbiology of the food chain -- Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination -- Part 2: Specific rules for the preparation of meat and meat products. Tallinn: Eesti Standardikeskus.

ISO 936:1998. Meat and meat products – determination of total ash. Tallinn: Eesti Standardikeskus.

Jakobsen, M., Bertelsen, G. (2002). The use of CO_2 in packaging of fresh red meats and its effect on chemical quality changes in the meat: a review. – *Journal of Muscle Foods*. Vol. 13, No. 2, pp. 143–168.

Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. – *Meat Science*. Vol. 59, No. 1, pp. 5–13.

Kahlon, T. S., Chapman, M. H., Smith, G. E. (2007). *In vitro* binding of bile acids by spinach, kale, brussels sprouts, broccoli, mustard greens, green bell pepper, cabbage and collards. – *Food Chemistry*. Vol. 100, No. 4, pp. 1531–1536.

Kahlon, T. S., Chiu, M.-C. M., Chapman, M. H. (2008). Steam cooking significantly improves in vitro bile acid binding of collard greens, kale, mustard greens, broccoli, green bell pepper, and cabbage. – *Nutrition Research*. Vol. 28, No. 6, pp. 351–357.

Kahlon, T. S., Milczarek, R. R., Chiu, M.-C. M. (2012). *In vitro* Bile Acid Binding of Mustard Greens, Kale, Broccoli, Cabbage and Green Bell Pepper Improves with Sautéing Compared with Raw or Other Methods of Preparation. – *Food and Nutrition Sciences*. Vol. 3, No. 7, pp. 951–958.

Key, T. J., Fraser, G. E., Thorogood, M., Appleby, P. N., Beral, V., Reeves, G., Burr, M. L., Chang-Claude, J., Frentzel-Beyme, R., Kuzma, J. W., Mann, J., McPherson, K. (1998). Mortality in vegetarians and non-vegetarians: a collaborative analysis of 8300 deaths among 76,000 men and women in five prospective studies. – *Public Health Nutrition*. Vol. 1, No. 1, pp. 33–41.

Klettenberg, E. (2013). Kogurasva määramine keeduvorstidest Gerberi meetodi. [veebileht] http://8371149.la02.neti.ee/kool/vanker/gerber/kogurasva_mramine_keeduvorstidest_gerberi_meetodil.html (27.05.2020).

Laikoja, K., Roasto, M. (2017). Toidu säilimisaja määramine, II osa – mikrobioloogilised näitajad toidugruppide kohta. Tartu. (17.03.2021).

Maaeluministeerium. (2018). Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud toidus ja nende vähendamise võimalused. [veebileht] https://www.agri.ee/et/polutsuklilised-aromaatsed-susivesinikud-toidus-ja-nende-vahendamise-voimalused (04.05.2021).

Macdiarmid, J. I., Kyle, J., Horgan, G. W., Loe, J., Fyfe, C., Johnstone, A., McNeill, G. (2012). Sustainable diets for the future: can we contribute to reducing greenhouse gas emissions by eating a healthy diet? – *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 96, No. 3, pp. 632–639.

Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. – *Meat Science*. Vol. 71, No. 1, pp. 100–121.

McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. – *Meat Science*. Vol. 84, No. 1, pp. 1–13.

Minantyo, H., Purnomo, H., Winarno, P. S., Kartikawati, M. (2019). The improvement of nutrition quality and organoleptic characteristics of Indonesian milkfish meatball by adding kelor (*Moringa oleifera* Lam) leaves. – *International Food Research Journal*. Vol. 26, No. 1, pp. 263–268.

Mouw, T. (16. märts 2018). Tolerancing Part 3: Color Space vs. Color Tolerance. – *X-Rite Pantone*. [veebileht] https://www.xrite.com/blog/tolerancing-part-3 (07.04.2020).

Narasimha Rao, D., Sachindra, N. M. (2002). Modified Atmosphere and Vacuum Packaging of Meat and Poultry Products. – *Food Reviews International*. Vol. 18, No. 4, pp. 263–293.

Patel, S. (2015). Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. – *Food Additives & Contaminants: Part A*. Vol. 32, No. 7, pp. 1049–1064.

Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. – *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 33, No. 1, pp. 27–39.

Pitsi, T., Zilmer, M., Vaask, S., Ehala-Aleksejev, K., Kuu, S., Lõhmus, K., Maser, M., Nurk, E., Lindsaar, M., Sooba, E., Sammel, A., Raukas, R., Parts, L., Villa, I., Radin, M., Liebert, T., Einberg, Ü., Simm-Pärle, P., Lamp, H., Hiis, T., Rajasalu, P., Vacht, P., Vallikivi, L., Raudsepp, P., Praakle, K., Tuvike, A., Kanamäe, H., Dreyersdorff, S., Eksin, M., Vihalemm, T., Potisepp, S. (2017). Eesti liikumis- ja toitumissoovitused 2015. Tervise Arengu Instituut. Tallinn [veebileht] https://intra.tai.ee/images/prints/documents/149019033869_eesti%20toitumis-%20ja%20liikumissoovitused.pdf 338 lk. (30.10.2019).

Poikalainen, V. (2004). Võitehnoloogia. Tartu: OÜ Halo Kirjastus. 183 lk.

Préstamo, G., Fuster, C., Risueño, M. C. (1998). Effects of blanching and freezing on the structure of carrots cells and their implications for food processing. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 77, No. 2, pp. 223–229.

Purslow, P. P., Warner, R. D., Clarke, F. M., Hughes, J. M. (2020). Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). – *Meat Science*. Vol. 159, pp. 1–9.

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021a). Liha kvaliteedi määramine: Warner-Bratzleri lõikejõu test. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/maaramine/?%C3%95rnuse_m%C3%A4%C3%A4ramine/Warner-Bratzleri_l%C3%B5ikej%C3%B5u_test (16.04.2021).

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021b). Liha kvaliteet: Liha veesiduvus. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/kvaliteet/?Tehnoloogilised_n%C3%A4itajad/Liha_veesiduvus (20.04.2021).

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021c). Sigade rümba ja liha kvaliteet: pH. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/sealiha/?Sealiha_kvaliteet/Tehnoloogilised_n%C3%A4itajad/pH (20.04.2021).

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021d). Sigade rümba ja liha kvaliteet: Rasvasisaldus. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/sealiha/?Sealiha_kvaliteet/Toitev%C3%A4%C3%A4rtus/Rasvasisaldus (20.04.2021).

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021e). Sigade rümba ja liha kvaliteet: Valgusisaldus. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/sealiha/?Sealiha_kvaliteet/Toitev%C3%A4%C3%A4rtus/Valgusisaldus (20.04.2021).

Põldvere, A., Tänavots, A. (2021f). Sigade rümba ja liha kvaliteet: Õrnus. [veebileht] http://www.eau.ee/~alo/liha/sealiha/?Sealiha_kvaliteet/Sensoorsed_n%C3%A4itajad/%C3%95rnus (20.04.2021).

Põllumajandus- ja Toiduamet. (2021). Toidu üldised nõuded: Laboratoorsed analüüsid, toiduohutus. [veebileht] https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/toidu-tootmine/uldised-nouded (04.05.2021).

Rakvere Lihatööstus. (*s.a.*). 50/50 Köögiviljadega lihapallid. [veebileht] https://rakverelk.ee/kampaania/5050-koogiviljadega-lihapallid/ (28.12.2019).

Rawat, S. (2015). Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. – *Asian Journal of Plant Science and Research*. Vol. 5, No. 4, pp. 47–56.

Rei, M. (2004). Lihatehnoloogia teaduslikud alused. (4. tr.). Tartu: OÜ Halo Kirjastus. 234 lk.

Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Blázquez, B., Onega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. – *Meat Science*. Vol. 69, No. 3, pp. 527–536.

Sanz-Puig, M., Pina-Pérez, M. C., Rodrigo, D., Martínez-López, A. (2015). Antimicrobial activity of cauliflower (*Brassica oleracea var. Botrytis*) by-product against *Listeria monocytogenes*. – *Food Control*. Vol. 50, pp. 435–440.

Schmiele, M., Mascarenhas, M. C. C. N., da Silva Barretto, A. C., Rodrigues Pollonio, M. A. (2015). Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. – *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 61, No. 1, pp. 105–111.

Simpson, S. J., Le Couteur, D. G., Raubenheimer, D. (2015). Putting the Balance Back in Diet. – *Cell*. Vol. 161, No. 1, pp. 18–23.

Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance — A review. – *Appetite*. Vol. 51, No. 3, pp. 456–467.

Syuhairah, A., Huda, N., Syahariza, Z. A., Fazilah, A. (2016). Effects of Vegetable Incorporation on Physical and Sensory Characteristics of Sausages. – *Asian Journal of Poultry Science*. Vol. 10, No. 3, pp. 117–125.

Zahid, M. A., Choi, J. Y., Seo, J.-K., Parvin, R., Ko, J., Yang, H.-S. (2020). Effects of clove extract on oxidative stability and sensory attributes in cooked beef patties at refrigerated storage. – *Meat Science*. Vol. 161.

Zamora, C., Vasquez, J. L., Ebison, M. A. C., Sibucao, M. (2017). Utilization of Breadnut (*Artocarpus camansi*) as a Meat Replacement for Meatballs. – *DLSU Research Congress 2017*.

Zequan, X., Zirong, W., Jiankun, L., Xin, M., Hopkins, D. L., Holman, B. W. B., Bekhit, A. E.-D. A. (2019). The effect of freezing time on the quality of normal and pale, soft and exudative (PSE)-like pork. – *Meat Science*. Vol. 152, pp. 1–7.

Zielbauer, B. I., Franz, J., Viezens, B., Vilgis, T. A. (2016). Physical Aspects of Meat Cooking: Time Dependent Thermal Protein Denaturation and Water Loss. – *Food Biophysics*. Vol. 11, pp. 34–42.

Tepper, M., Lüdikainen, K., Luht, K., Soidla, R., Kerner, K. (2013). Lihatehnoloogia praktilised tööd. Õppematerjal.

Tervise Arengu Instituut. (2020). NutriData toidu koostise andmebaas, versioon 10. [veebileht] https://tka.nutridata.ee/ (28.02.2021).

Testo. (2004). Testo 205 pH/temperature measuring instrument – Instruction manual. [veebileht] https://www.testo.com/en-US/testo-205/p/0563-2051 (14.04.2020).

Warriss, P. D. (2000). Meat science: an introductory text. Guildford ja King's Lynn: CABI *publishing*. 310 lk.

Wyness, L. (2015). The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. – *Proceedings of the Nutrition Society*. Vol. 75, No. 3, pp. 227–232.

SUMMARY

The aim of this master's thesis was to find out with the help of scientific literature and experimental part whether fresh or frozen vegetables can reduce meat content in meat products without significantly affecting the overall quality of the products and how these plant additives affect the physico-chemical, microbiological and sensory properties of the final product. To achieve this aim, four different cutlet mixes were prepared – control mixture without cauliflower (KP) and 10 and 90% (10/90), 30 and 70% (30/70) and 50 and 50% (50/50) mixtures with the percentages showing the percentage distributions between cauliflower and minced pork, respectively. Microbiological and physico-chemical analyzes and sensory evaluation were performed on raw and thermally treated products on certain days during the 15-day storage period, some analyzes were also performed on frozen cutlets.

The thermally treated cutlets were cooled, packaged and stored for 15 days and on certain days for both raw and cooked (part of the heat-treated batch was also frozen) cutlets ash, protein, fat, moisture, fiber and carbohydrate contents were measured or calculated, the pH, water activity, colour and shear force were measured, cooking loss was calculated and the total viable count (TVC) was evaluated. Sensory evaluation was performed with thermally treated cutlets (including frozen). The pH and moisture, ash and protein content of the minced pork and cauliflower used as the main raw materials were measured, also the fat content in minced pork and fiber content in cauliflower were found.

In the experimental part of the thesis it was found that the increase in cauliflower content significantly increased the pH and moisture content of cooked and uncooked cutlets, which is due to the higher alkalinity and moisture content of the vegetable additive compared to minced pork. For the control mixture, storaging had a statistically significant effect on the pH of thermally treated cutlets where the values on days 1 and 4 were higher than on day 8 of storage. A similar decrease in pH occurred between days 4 and 15 of the heat-treated 50/50 mixture. The latter results can be explained by the slight absorption of CO_2 used as a packaging gas into the products, which led to a slight decrease in pH. The fat, protein and ash contents of cooked and uncooked products decreased significantly with the addition of cauliflower, which is due to the lower ash, protein and fat contents of the latter compared to

the meat used. The addition of cauliflower did not have a significant effect on the cooking loss of the products.

The addition of cauliflower significantly increased the water activity of the cutlets, i.e the presence of free water, which unfortunately provides a good environment for the growth of microorganisms. The increase in water activity between mixtures is due to the reduction in meat protein content in the product, which makes it more difficult to bind water in the cutlet, and also to the fact that the fiber in cauliflower cannot bind water to the same extent as meat protein. During storage, the water activity of frozen products was significantly higher than ohter treatments.

The addition of cauliflower significantly reduced the shear force of the cooked cutlets, which may have been due to the greater presence of free water in the products and therefore lower binding. Products with a higher proportion of cauliflower also contain less meat proteins, which would bind water and the ingredients of the product more steadily. Freezing significantly reduced the shear forces of KP and 30/70.

The L*-values (lightness) of the outer and cutting surfaces of the heat-treated cutlets increased significantly with the increased proportion of cauliflower, as the colour of the vegetable additive used was significantly lighter than that of pork. Product storaging had a significant effect on the L*-values of the outer surface of all mixtures (except 50/50), becoming lighter, which can be explained to some extent by the effect of the packaging gas (CO_2) on the colour of products, which, at least for meat, causes the lightening of aforementioned. However, based on various sources, MAP should instead stabilize the colour of the product. Statistically significant strong positive correlations were found between the L*-values of the outer and cutting surface of the products and the moisture content (r = 0,91 and r = 0,94, respectively), which were caused by the higher lightness of the products with higher cauliflower content and thus higher moisture content.

The addition of cauliflower significantly reduced the a*-values of the products, i.e the redness of the products decreased, which is caused by the whitish colour of cauliflower. In isolated cases (e.g 30/70 on the outer surface or on days 8 and 15 for all mixtures), storaging reduced the redness of the outer surface of the cutlets, which can also be partly explained by the use of CO_2 as a packaging gas. As the amount of cauliflower increased, the b*-values of both the external and cutting surfaces increased significantly, i.e the meat products became

more yellow, again due to the colour characteristics of cauliflower. Storaging had a significant effect on the yellowing of the products, as evidenced by the higher b*-values of the frozen products.

Although the fiber contents of the cutlets calculated in the thesis cannot be compared statistically due to the calculation methodology used, it can be concluded from the results that the addition of cauliflower increases the fiber contents of the products to some extent. At the same time, the fiber content of cauliflower used in this thesis was significantly lower than that of cauliflower in the database of the Institute for Health Development. Cauliflower also significantly increased the carbohydrate content of products, as cauliflower has about five times higher carbohydrate content than pork. The correlation analysis also showed that as the carbohydrate content increases, the shear force of the products decrease ($r = -0,89$), which is caused by the changes between the mixtures caused by cauliflower.

Total viable count in raw 50/50 mixture was significantly lower than in the control mixture, so uncooked cutlets with a more acidic environment had a higher TVC (the acidic environment is more optimal for the development of acidophilic microorganisms). Although the addition of cauliflower did not have a statistically significant effect on TVC in cooked products, the lowest results were shown by 30/70 and the highest by KP and 10/90 mixtures. The added cauliflower may have had an antimicrobial effect in the products, despite the fact that TVC of 50/50 was higher than in the 30/70 mixture. Thus, the addition of cauliflower (and the consequent increase in pH and water activity) to meat products did not lead to an increase in TVC (as confirmed by correlation analysis). During storage, TVC on day 8 were significantly higher than on days 4 and 15, and the values on the day of manufacture were numerically higher than on day 4 – the latter can be at least partially explained by the inhibitory effect of CO_2 used for packaging on microorganisms' growth, but does not explain the highest microbial counts on day 8 and the lower ones on day 15 (compared to day 8). From the results of the microbiological analyzes, it can also be concluded that all the products prepared in the master's thesis are microbiologically safe in terms of TVC under the given storage conditions throughout the 15-day storage period.

Sensory evaluation showed that the addition of cauliflower significantly lowered the appearance and cuting surface colour scores of the products, due to the lighter colour of these products. No significant differences were found in the odour scores, but even there, lower results of the 50/50 mixture can be noticed compared to others. In terms of taste, the addition

of cauliflower increased the taste scores of the products to a certain extent, where 30/70 with the best score showed a significantly higher result than 50/50 with the lowest score. In terms of texture, 30/70 products were preferred the most, with an average score significantly higher than the lowest grade receiving control mixture, indicating that evaluators generally preferred products with lower shear force in terms of texture. The addition of cauliflower significantly increased the juiciness scores of the products, which can be explained by the higher moisture content of products with vegetable additives. The addition of cauliflower also significantly affected the general acceptability of cutlets, with 30/70 receiving the highest and 50/50 the lowest score. Evaluators were impressed by the juiciness, taste and soft texture of 30/70.

The aim of this master's thesis was fulfilled. The hypothesis that the addition of cauliflower to meat products has a negative effect on the microbiological preservation of the product was not confirmed. The hypothesis that as the fat content of a meat product decreases, the overall sensory acceptability of the product increases was partially confirmed. The results of the thesis showed that the addition of cauliflower has a positive effect on the sensory properties of the product and its addition increases the carbohydrate content of the product. However, an excessive amount of cauliflower in the product may adversely affect the sensory properties of the product.

In the course of this master's thesis, the following proposals for further research emerged:

- to perform microbiological shelf-life studies on the sensorically most accepted products (30/70) for 21 and 28 days and examine the microbiological and physico-chemical parameters of a long time frozen storaged product;
- to further investigate the effect of the addition of cauliflower on the fiber content of product (using a methodology that also allows statistical analysis of the results), using cauliflower with a fiber content equivalent to the data provided in the database of the Institute for Health Development;
- to study the effect of vegetables on the vitamin content of meat products;
- to scrutinize the effect of vegetables on the oxidation processes of meat products.

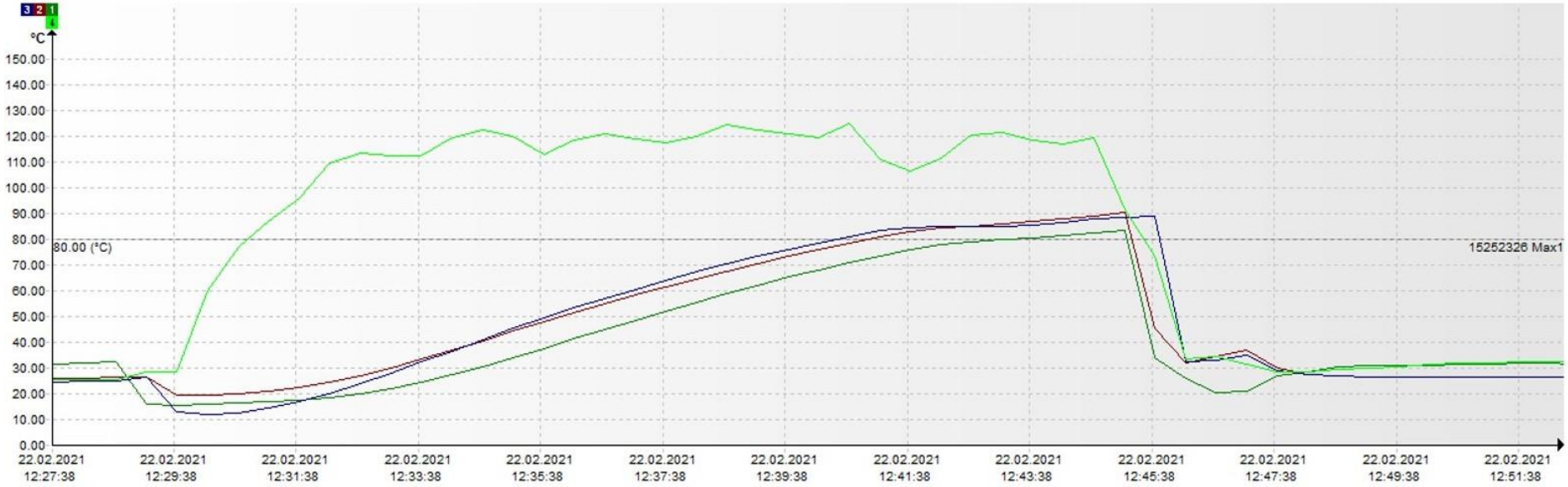
LISAD

Lisa 1. Kuumtöötlemata kotletid

Joonis 4. Kuumtöötlemata kotletid (foto: Põlluäär, T.).

Märkus. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Lisa 2. Andmelogeriga fikseeritud kotlettide sisetemperatuuri muutused



Joonis 5. Andmelogeriga fikseeritud esimese katseseeria kotlettide sisetemperatuuri muutused.

Märkus. Numbritega 1, 2 ja 3 (vastavalt tumeroheline, punane ja sinine) on tähistatud erinevate kotlettide sisetemperatuuride muutused, numbriga 4 (heleroheline) on tähistatud kuumtöötluskeskkonna temperatuurimuutus.

Lisa 3. Kuumtöödeldud kotletid

Joonis 6. Kuumtöödeldud kotletid (foto: Põlluäär, T.).

Märkus. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Lisa 4. Hernekiu spetsifikatsioon

TOOTEANDMED

FOOD ENGINEERING *Fiber Pea*

Toote müügikood : 400466

Koostis ja deklareerimine

Koostis:

köögiviljakiud (hernekiud)

Deklareerimine:

Vastavalt EL määrusele 1169/2011/EU

Toote kirjeldus ja doseering

Toote kirjeldus: hernekiu pulber

Doseering: vastavalt soovitud funktsionaalsusele

Kasutusala

Toode on mõeldud kasutamiseks toiduainetööstuses, mitte jaemüügis.

Materjal/toode ja selle pakendamine vastab Euroopa Liidu normidele

Hoiutingimused

Säilivusaeg : 720 päeva

Hoiutingimused : Säilitada originaalpakendis jahedas ja kuivas ruumis, 17°C - 25°C

Pakendi info

Netokaal: 15 kg

Pakendi materjal on mõeldud kasutamiseks toiduainetööstuses ja vastab EL nõuetele.

Mikrobioloogilised näitajad ***Toiteväärtus / 100 g***

Mikrobioloogilised näitajad ja toiteväärtused põhinevad kasutatud tooraine piirmormide arvutuslikel väärtustel.

Maksimaalsed väärtused	
Escherichia coli	20 cfu/g
Hallitusseened	500 cfu/g
Pärm	500 cfu/g
Salmonella sp.	neg/25g
Kokku kolibaktereid 30°C	100 cfu/g
Bakterite üldarv	10 000 cfu/g
Clostridium perfingens	100 cfu/g
Bacillus cereus	100 cfu/g

Keskmised väärtused	
Energeetiline väärtus	1119.1 kJ (268.7 kcal)
Niiskus	10,0 g
Rasvad	0,3 g
Küllastunud rasvad	0 g
Monoküllastumata rasvhapped	0 g
Polüküllastumata rasvhapped	0 g
transrasvhapped	0 g
Süsivesikud	40,0 g
millest suhkrud	0 g
Polüoolid	0 g
Kiudained	45,0 g
Valgud	4,0 g
Sool	0 g
Naatrium	480,0 mg
tärklis	36,0 g
Laktoos	0 g
P2O5 sisaldus	0 g
Alkoholisisaldus	0 % vol
Arvutatud sool (Na-ekvivalendi alusel)	1.2 g

Toodetud Euroopa Liidus *Koostatud: 14/04/2021 Lk 1/2*

Joonis 7. Hernekiu spetsifikatsioon.

Lisa 5. Nisukiu spetsifikatsioon

MOGUNTIA FOOD GROUP
Flavoursome solutions since 1903

Specifikacija/ Specifikācija/ Spetsifikatsioon

Pavadinimas/ Nosaukums/ Toote nimetus:	**VITACEL WF 400 R**	
Paskirtis/ Lietošana/ Toote kirjeldus:	Kviečių skaidulos* maisto produktų gamybai/ Kviešu šķiedrviela* pārtikas produktiem/ Nisu kiudained* toiduainete valmistamiseks.	
Rekomenduojama ženklinti gaminio etiketėje/ Rekomendācija piedevu deklarēšanai uz etiķetes:/ Deklareeritavad ained toote etiketil:	**Kviečių** skaidulos/ **Kviešu** šķiedrviela/ **Nisu** kiudained	
Laikymo sąlygos/ Glabāšanas apstākļi / Säilitamise tingimused:	Laikyti sausoje, vėsioje vietoje/ Glabāt sausā, vēsā vietā/ Hoida kuivas ja jahedas	
Tinkamumo vartoti terminas/ Derīguma termiņš/ Säilimisaja tähtpäev:	5 metai nuo pagaminimo datos/ 5 gadi no ražošanas datuma/ 5 aastat alates tootmise kuupäevast	
Cheminiai ir fizikiniai rodikliai/ Ķīmiskās un fizikālās īpašības/ Keemilised ja füsioloogilised näitajad:	Skaidulos sausose medžiagose/ Šķiedrvielu daudzums sausā produkta/ Kiudained kuivas segus, g	~97 %
	Drėgnis/ Mitrums/ Niiskust	≤8 %
	Pelenai/ Pelni/Tuhk (850°C, 4h)	≤4 %
	pH (10% suspecija/ suspensija/ suspensioon)	5-8
	Vidutinis skaidulos ilgis/ Vidējais šķiedru garums/ Keskmine kiudainete pikkus	500 µm
Mikrobiologiniai rodikliai/ Mikrobioloģiskās īpašības/ Mikrobioloogilised näitajad:	Aerobinių mikroorganizmų skaičius, ksv/g Aeirobo mikroorganismu skaits, kvv/g/ Mikroorganismide kogusumma, cfu/g	$\leq 5 \times 10^3$
	Pelėsiai ir mielės, ksv/g/ Pelējuma un raugi, kvv/g/ Hallitus ja pärmi, cfu/g	$\leq 2 \times 10^2$
100g maistingumo vertė/ Uzturvērtība 100g produkta/ 100g toiteväärtus:	Energinė vertė/ Enerģētiskā vērtība,/ Energiasisaldus, kJ/kcal	758/189
	riebalai/ tauki/ rasvad, g	0,2
	iš kurių/ tostarp/ millest: - sočiųjų riebalų rūgščių/ piesātinātās taukskābes/ küllastunud rasvhapped, g	0,1
	angliavandeniai/ ogļhidrāti/ süsivesikud, g	0,1
	iš kurių/ tostarp/ millest: - cukrų/ cukuri,/ suhkrud, g	0,1
	baltymai/ olbaltumvielas/ valgud, g	0,4
	druska/ sāls/ sool, g	0,2
	skaidulinės medžiagos/ šķiedrvielas/ kiudained, g	92,8

*Be glitimo/ bez glutēna/ gluteenivaba

Peržiūros data/ Pārskatīšanas datums/ Läbivaatamise kuupäev: 2020.11.12

LT UAB „Moguntia Baltija"
Paupių g. 1, Klemiškės k., LT-91291, Klaipėdos r., Lietuva
Tel.: +370 46 421211, mob.: +370 685 28176, faks.: +370 46 10900
El. paštas: info@moguntia.lt, http://moguntia.lt
Įmonės kodas: 1415738914, PVM mok. k.: LT415738917
Veterinarinis patvirtinimo Nr. LT 55-01 EB
Nemokama užsakymų ir kokybės linija 8 800 00084

LV Ārvalstu komersanta Slēgta akciju sabiedrība "Moguntia Baltija" pārstāvniecība
Zemitāna iela 6, Rīga, LV-1012, Latvija
Tel.: +371 678 42445, mob.: +371 251 51432
El.p.: info@moguntia.lv, http://moguntia.lv
Reģistrācijas numurs: 40006018025

EST OÜ "Moguntia Eesti"
Lõuna 2, Pärnu 80010, Eesti
Tel.: +372 442 6616, mob.: +372 5332 8953
Faks.: +372 442 6616, http://moguntia.ee
E-mail: kalle.klaar@moguntia.ee,
Firma kood: 11093542
VAT koodi: EE100945175

Joonis 8. Nisukiu spetsifikatsioon.

Lisa 6. Sensoorse hindamise leht

Magistritöö raames valmistatud köögiviljalisandiga kotleti degusteerimise hindamisleht

Sugu:_____

Vanuse vahemik: kuni 24; 25–34; 35–44; 45–54; 55 ja enam

Kuupäev:_____

Palun hinnata 9-punkti skaalal:

1 = absoluutselt ei meeldi; 2 = väga ei meeldi; 3 = ei meeldi;
4 = kergelt ei meeldi; 5 = neutraalne; 6 = kergelt meeldib;
7 = meeldib; 8 = väga meeldib; 9 = suurepärane.

Proovi nr.	**Hinnatavad omadused**						
	Välimus	**Lõikepinna värvus**	**Lõhn**	**Maitse**	**Tekstuur**	**Mahlasus**	**Üldine meeldivus**
1.							
1. märkused…							
2.							
2. märkused…							
3.							
3. märkused…							
4.							
4. märkused…							

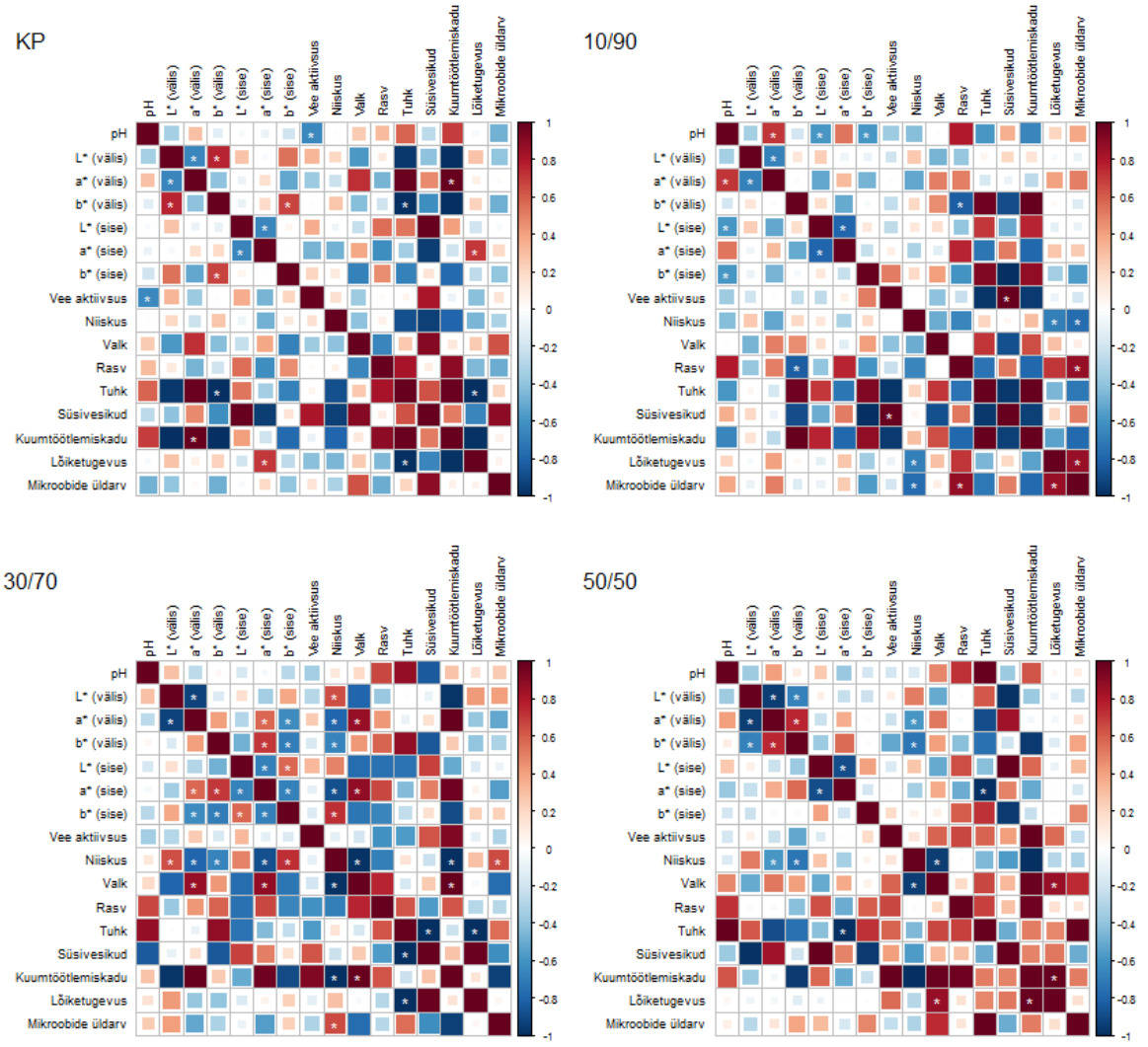
Lisamärkused:_____

_____

NB! Palun hindamisleht viia alumise korruse fuajeesse registreerimisvihiku kõrvale.

Tänan ausa hinnangu eest! Magistrant Tauri Põlluäär

Lisa 7. Segude põhised korrelatsioonimaatriksid



Joonis 9. Kuumtöödeldud toodete erinevate näitajate omavahelised seosed hinnatuna lineaarse korrelatsioonanalüüsiga.

Märkused:
1. Mida intensiivsem on lahtri värv, seda tugevam on seos, punase ja sinise värviga on märgitud vastavalt positiivsed ja negatiivsed seosed, tärniga on märgitud statistiliselt olulised seosed ($p < 0,05$).
2. KP tähistab lillkapsa lisandita kontrollsegu, 10/90, 30/70 ja 50/50 segude tähistes näitavad arvud vastavalt lillkapsa ja hakkliha omavahelist protsentuaalset jagunemist.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Tauri Põlluäär,

sünniaeg 06.03.1997,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Lihatoodete lihasisalduse vähendamise võimalusi köögiviljade lisamisega,

mille juhendajad on Marek Tepper, Kristi Kerner ja Tanel Kaart,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
allkirjastatud digitaalselt

Tartu, 24.05.2021

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Marek Tepper _____ 24.05.2021
allkirjastatud digitaalselt

Kristi Kerner _____ 24.05.2021
allkirjastatud digitaalselt

Tanel Kaart _____ 24.05.2021
allkirjastatud digitaalselt